



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA



## **TRABAJO FIN DE CARRERA**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA  
RESPUESTA AGRONÓMICA Y ENOLÓGICA  
DE LOS CULTIVARES TINTOS DE VID (*Vitis  
vinifera* L.) MENCÍA, PINOT NOIR Y  
TEMPRANILLO EN DOS SITUACIONES DE  
ALIMENTACIÓN HÍDRICA”**

**AUTORA: Cristina Pérez Cidoncha**

**ESPECIALIDAD: Explotaciones Agropecuarias**

**CONVOCATORIA: Septiembre 2011**



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA



## **TRABAJO FIN DE CARRERA**

# **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESPUESTA AGRONÓMICA Y ENOLÓGICA DE LOS CULTIVARES TINTOS DE VID (*Vitis vinifera* L.) MENCÍA, PINOT NOIR Y TEMPRANILLO EN DOS SITUACIONES DE ALIMENTACIÓN HÍDRICA”**

**AUTORA:** Cristina Pérez Cidoncha

**DIRECTORES:** Pilar Baeza Trujillo

**Santiago Benito Sáez**

**ESPECIALIDAD:** Explotaciones Agropecuarias

**CONVOCATORIA:** Septiembre 2011

Trabajo Fin de Carrera:

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESPUESTA AGRONÓMICA Y ENOLÓGICA DE LOS CULTIVARES TINTOS DE VID (*Vitis vinifera* L.) MENCÍA, PINOT NOIR Y TEMPRANILLO EN DOS SITUACIONES DE ALIMENTACIÓN HÍDRICA

---

A Joaquín

A la memoria de Manuel Cidoncha, mi abuelo.

Al *R* y *C*. Por todo lo bueno que vino después.

“Si yo pudiera enumerar cuánto debo a mis grandes antecesores y contemporáneos, no me quedaría mucho en propiedad.”

Johann W. Goethe

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo ha sido conocer la adaptación agronómica y la aptitud enológica de tres cultivares tintos de vid (*Vitis vinifera* L.) Mencía, Pinot noir y Tempranillo en dos situaciones de alimentación hídrica.

Para una viticultura sostenible en ambientes de menor oferta hídrica es necesario identificar cultivares con caracteres de tolerancia y de adaptación a la sequía.

Para ello, se ha evaluado el desarrollo vegetativo, la fisiología, el rendimiento y sus componentes, los parámetros básicos del mosto en vendimia y el análisis del vino.

El parámetro más relevante para evaluar las diferencias vegetativas entre los cultivares fue el potencial hídrico foliar a primera hora de la mañana (9h UTC).

En base a estos resultados, el cultivar que mayor crecimiento vegetativo presenta es Tempranillo, no adaptándose a zona cálida. Presenta una elevada eficiencia en el incremento de riego lo que se traduce en un aumento de producción de cosecha. Sin embargo se ve limitado en zonas con restricción hídrica por lo que se aconseja cultivar en zonas más frescas.

Mencía tiene comportamiento moderado. Tiene un rendimiento considerable pero sus características enológicas aportan menor pH y menor color que Tempranillo. Sin embargo, Pinot noir aunque produce menos cosecha, tiene un ciclo de cultivo más corto y escaso color. Se recomienda combinarlos con otros cultivares para mitigar sus diferencias.

La respuesta frente al déficit hídrico es muy lábil pues un pequeño aporte de agua produce importantes incrementos de cosecha (25%), lo que hace que la vid sea una planta muy eficiente en zonas áridas. Se recomienda un cierto grado de restricción en la alimentación hídrica para obtener un mayor contenido en compuestos fenólicos. El régimen hídrico influyó en el contenido de polifenoles y en el color del vino, pero no así en los parámetros básicos del mosto.

**Palabras clave:** Rendimiento, desarrollo vegetativo, madurez polifenólica.

## ABSTRACT

The objective of this work has been to understand the agronomic adaptation and enologic aptitude of three distinct red varieties vines (*Vitis vinifera* L.) Mencía, Pinot Noir and Tempranillo, with two different irrigation regimes.

In a sustainable viticultural setting where water is scarce it is necessary to be able to identify cultivars with characteristics of tolerance and adaptability to dry conditions.

An evaluation was developed to understand these conditions where vegetative growth, vine physiology, yield and its components, basic parameters for must evaluation at harvest time along with wine analysis were taken into account.

The most relevant parameter for evaluating the vegetative differences within the cultivars was leaf water potential at the first hour of the morning (9h UTC).

The outcomes of the results indicate that the cultivar which exhibits the most vegetative growth is Tempranillo, not adapted to a warm climate. An elevated efficiency is present when irrigation is increased and is translated then into an augmentation in fruit yield. However, it is limited in areas where water is less abundant and it is advisable to cultivate in cooler areas.

Mencía exhibits a moderate behavior. It has a considerable yield, but its enologic characteristics carry on little pH and less color than Tempranillo. However, even though Pinot noir produces a lower fruit yield, it has a shorter crop cycle and little color. It is recommended that it be combined with other cultivars to mitigate the differences.

Response to deficit irrigation is quite labile, it can be noted that little amount of water can produce significant increases in fruit yield (25%), which makes the vine a plant with high efficiency in arid areas. It is recommended that a certain grade of restriction be placed on the amount of water that the plant receives to obtain larger amounts of phenolic compounds. The irrigation regime influences the amount of phenolic compounds and wine color, but not in the basic parameters of the must.

## AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a todas las personas que han participado en este trabajo, directa o indirectamente.

A Pilar Baeza, de manera muy especial. Por inculcarme su pasión por la viticultura y el mundo de la investigación. Por su dedicación y generosidad. Por su apoyo y cariño en los momentos difíciles, siempre con una sonrisa. Por eso y por todo lo demás.

A Santiago Benito, por introducirme en el apasionante mundo de la enología.

A mis compañeras de faena, Esther y Eva, sin las cuales este trabajo no hubiera sido una experiencia inolvidable. Por ese compañerismo en todo. Por su forma de trabajar y de sentir.

A mis compañeros del Depart, por compartir el trabajo duro y muchos buenos momentos.

A mis compañeros de Agrícolas, por su apoyo en las crisis de fe y por los momentos vividos. Gracias por todos estos años.

A Manuel Cidoncha, Elisa Chozas, Nieves Núñez Romero y Joaquín Fernández-Monasterio, por creer siempre en mí.

Al Grupo de Investigación en Viticultura de la UPM por poner a mi alcance todos los medios necesarios para la realización de este trabajo.

Al Departamento de Tecnología de los Alimentos (ETSIA) por todos los medios que han puesto a mi disposición, sus consejos y enseñanzas. Al Centro Experimental en Enología (EUITA). Al personal de “El Socorro”.

A mis chicas (L.P.). Sois mi mayor apoyo. Mil gracias por todo y por aguantar mis ausencias. Por estar siempre ahí, mimándome y dándome lo mejor de vosotras.

A mi familia. Por enseñarme que en la vida hay que luchar por lo que uno desea. A mis abuelos por transmitirme su amor por el campo y por todo lo demás. A mis padres por ponerme todos los medios y más para hacer realidad mis sueños; por su cariño y sus consejos. A mis hermanos, por transmitirme su ánimo e ilusión en las cosas que hago.

A mis chicos de S.P. 11. Por hacer que la redacción de este trabajo sea tan especial.

A todos los demás que siempre me han demostrado su apoyo y cariño. Mil gracias por todo.

## ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

A	Absorbancia (nm)
AEMET	Agencia estatal de Meteorología
$A_n$	Asimilación neta de $\text{CO}_2$ ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2 \text{ s}$ )
ATT	Acidez total titulable (g de ácido tartárico/L)
C.A.M.	Comunidad Autónoma de Madrid
C.I.C.	Capacidad de intercambio catiónico
C.T.T.V.	Centro de Transferencia Tecnológica Vitivinícola
cv.	Cultivar o variedad cultivada
DPV	Déficit de presión de vapor
E	Transpiración ( $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}$ )
Ec.	Ecuación
ETc	Evapotranspiración del cultivo (mm)
ETm	Evapotranspiración mensual (mm/mes)
$ET_0$	Evapotranspiración de referencia (mm)
E.T.S.I.A.	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos
E.U.I.T.A.	Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola
D	Riego deficitario controlado
D.O.	Denominación de origen
$g_s$	Conductancia estomática ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}$ )
HCl	Ácido clorhídrico
HR	Humedad relativa (%)
IMIDRA	Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario
IPT	Índice de polifenoles totales
IRGA	<i>Infrared gas analyzer</i> (Analizador de gases por infrarrojos)
ITe	Integral térmica eficaz ( $^{\circ}\text{C}$ )
Kr	Coefficiente de riego aplicado al viñedo
LAI	<i>Leaf index area</i> (Índice de área foliar) ( $\text{m}^2$ de hoja/ $\text{m}^2$ de suelo)
MARM	Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino



Mn	Mencia
N	Norte
ns	No significativo
O	Oeste
P	Precipitación (mm)
p	Nivel de probabilidad
Pe	Precipitación efectiva (mm)
PMP	Peso de madera de poda (kg de madera de poda/cepa, ó kg/m <sup>2</sup> )
Pn	Pinot noir
P100	Peso de 100 bayas (g)
R	Riego óptimo
RH	Régimen hídrico
Rto.	Rendimiento (Mg/ha)
r.p.m.	Revoluciones por minuto
R <sup>2</sup>	Coeficiente de correlación
S	Sur
SA	<i>Surface area</i> (Superficie foliar externa) (m <sup>2</sup> de hojas/ m <sup>2</sup> de suelo)
SIAR	Sistema de información Agroclimática para el Regadío
Sig.	Significación estadística
SST	Sólidos solubles totales (° Brix)
Tp	Tempranillo
TH <sub>2</sub>	Ácido tartárico
Tm	Temperatura media (°C)
Tmáx	Temperatura media de máxima (°C)
TMáx	Temperatura máxima (°C)
Tmín	Temperatura media de mínimas (°C)
TMín	Temperatura mínima (°C)
UTC	<i>Universal Time Coordinate</i>
Ψf	Potencial hídrico foliar (MPa)
° Alc.	Grado alcohólico

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I.1.</b> Evolución del viñedo de España en superficie.....	2
<b>Tabla I.2.</b> Clasificación de los compuestos fenólicos.....	8
<b>Tabla II.1.</b> Características climáticas medias del periodo 1999-2010.....	20
<b>Tabla II.2.</b> Características meteorológicas del año 2010.....	21
<b>Tabla II.3.</b> Características edafológicas de la parcela experimental. ....	22
<b>Tabla II.4.</b> Características edafológicas de la parcela experimental. ....	23
<b>Tabla II.5.</b> Características edafológicas de la parcela experimental. ....	23
<b>Tabla II.6.</b> Características edafológicas de la parcela experimental. ....	23
<b>Tabla II.7.</b> Necesidades de riego en los tratamientos R y D. Campaña 2010. ....	27
<b>Tabla III.1.</b> Valores del LAI, en julio 2010.....	55
<b>Tabla III.2.</b> Valores del LAI y SA, en agosto 2010. ....	56
<b>Tabla III.3.</b> Relación entre el LAI, SA y kg de uva, campaña 2010. ....	57
<b>Tabla III.4.</b> Peso de madera de poda, campaña 2010. ....	58
<b>Tabla III.5.</b> Potencial hídrico foliar en las tres horas del día, junio 2010. ....	60
<b>Tabla III.6.</b> Potencial hídrico foliar en las tres horas del día, agosto 2010. ....	61
<b>Tabla III.7.</b> Diferencias entre cultivares (Mencía, Pinot noir y Tempranillo) en el tratamiento de riego óptimo en el conjunto de los meses de junio y agosto. Campaña 2010.....	62
<b>Tabla III.8.</b> Diferencias entre cultivares (Mencía, Pinot noir y Tempranillo) en el tratamiento de riego deficitario en el conjunto de los meses de junio y agosto. Campaña 2010.....	62
<b>Tabla III.9.</b> Diferencias entre regímenes hídricos de Mencía en el conjunto de los meses de junio y agosto. Campaña 2010.....	63
<b>Tabla III.10.</b> Diferencias entre regímenes hídricos de Pinot noir en el conjunto de los meses de junio y agosto. Campaña 2010. ....	63
<b>Tabla III.11.</b> Diferencias entre regímenes hídricos de Tempranillo en el conjunto de los meses de junio y agosto. Campaña 2010. ....	63
<b>Tabla III.12.</b> Diferencias entre riego óptimo y deficitario para el conjunto de los tres cultivares (Mencía, Pinot noir y Tempranillo) en el conjunto de los meses de junio y agosto. Campaña 2010. ....	64

<b>Tabla III.13.</b> Comparación de la fotosíntesis por cultivar en los meses de junio y agosto en cada hora de medida y régimen hídrico. Campaña 2010. ....	66
<b>Tabla III.14.</b> Comparación de la conductancia estomática por cultivar en los meses de junio y agosto en cada hora de medida y régimen hídrico. Campaña 2010.....	67
<b>Tabla III.15.</b> Comparación de la transpiración por cultivar en los meses de junio y agosto en cada hora de medida y régimen hídrico.Campaña 2010. ....	67
<b>Tabla III.16.</b> Comparación del potencial hídrico foliar por cultivar en los meses de junio y agosto en cada régimen hídrico.Campaña 2010. ....	68
<b>Tabla III.17.</b> Descomposición del rendimiento en vendimia, campaña 2010. ....	71
<b>Tabla III.18.</b> Aumento en producción con el incremento del aporte de riego, en la campaña 2010. ....	73
<b>Tabla III.19.</b> Análisis de mosto en vendimia, campaña 2010 .....	75
<b>Tabla III.20.</b> Análisis de vinificaciones, campaña 2010. ....	77
<b>Tabla III.21.</b> Análisis del contenido fenólico de las vinificaciones, campaña 2010. ....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura II.1.</b> Localización del ensayo .....	18
<b>Figura II.2.</b> Detalle de la parcela del ensayo .....	19
<b>Figura II.3.</b> Vista aérea de la parcela y croquis de los bloques y tratamientos. ....	24
<b>Figura II.4.</b> Detalle del bloque III, con las cepas marcadas para el estudio fisiológico.....	25
<b>Figura II.5.</b> Medida de la longitud de nervio central de la hoja para el cálculo del LAI. ....	30
<b>Figura II.6.</b> Medida de la superficie foliar externa (SA) .....	31
<b>Figura II.7.</b> Esquema de la espaldera y las medidas realizadas para calcular la SA. ....	31
<b>Figura II.8.</b> Detalle del dinamómetro y pesaje de la madera.....	32
<b>Figura II.9.</b> Selección de una hoja y medición con el IRGA. ....	35
<b>Figura II.10.</b> Corte de la hoja seleccionada previamente y medida del potencial hídrico foliar con cámara de presión Scholander.....	36
<b>Figura II.11.</b> Pesaje de la vendimia en cada parcela elemental .....	37
<b>Figura II.12.</b> Muestreo de bayas, triturado de la muestra, centrifugado y separación de las fases del mosto.....	40
<b>Figura II.13.</b> Medidas del °Brix, pH y acidez total titulable. ....	41
<b>Figura II.14.</b> Detalle de un microdepósito de vinificación.....	43
<b>Figura II.15.</b> Despalillado de los racimos y criomaceración del mosto en cámara frigorífica....	44
<b>Figura II.16.</b> Pesaje de la levadura; inoculación de las levaduras ya activadas; inclusión de la membrana alimentaria; detalle de los microdepósitos con la membrana; microdepósito en proceso de fermentación alcohólica.....	45
<b>Figura II.17.</b> Medida de la densidad, prensado de los hollejos y embotellado del vino previamente decantado. ....	46
<b>Figura II.18.</b> Decantación en frío, adición de sulfuroso en el vino y encorchado de las botellas. ....	47
<b>Figura II.19.</b> Método ebullométrico-BARUS, acidez volátil, azúcares residuales, sulfuroso libre y total, fotómetro de llama y espectrofotómetro.. ....	53

<b>Figura III.1.</b> Diferencias en la relación entre el índice de Ball-Berry y la conductancia estomática en condiciones de riego óptimo en Mencía, Pinot noir y Tempranillo. Campaña 2010. ....	65
<b>Figura III.2.</b> Diferencias en la relación entre el índice de Ball-Berry y la conductancia estomática en condiciones de riego deficitario en Mencía, Pinot noir y Tempranillo. Campaña 2010. ....	65
<b>Figura III.3.</b> Diferencias en la relación entre el índice de Ball-Berry y la conductancia estomática en condiciones de riego óptimo y deficitario en Mencía. Campaña 2010. ....	65
<b>Figura III.4.</b> Diferencias en la relación entre el índice de Ball-Berry y la conductancia estomática en condiciones de riego óptimo y deficitario en Pinot noir. Campaña 2010. ....	65
<b>Figura III.5.</b> Diferencias en la relación entre el índice de Ball-Berry y la conductancia estomática en condiciones de riego óptimo y deficitario en Tempranillo. Campaña 2010. ....	65
<b>Figura III.6.</b> Diferencias en la relación entre el índice de Ball-Berry y la conductancia estomática en condiciones de riego óptimo y deficitario. Campaña 2010. ....	65
<b>Figura III.7.</b> Comparación de la fotosíntesis por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Junio 2010. ....	69
<b>Figura III.8.</b> Comparación de la fotosíntesis por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Agosto 2010. ....	69
<b>Figura III.9.</b> Comparación de la conductancia estomática por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Junio 2010. ....	69
<b>Figura III.10.</b> Comparación de la conductancia estomática por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Agosto 2010. ....	69
<b>Figura III.11.</b> Comparación de la transpiración por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Junio 2010. ....	69
<b>Figura III.12.</b> Comparación de la transpiración por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Agosto 2010. ....	69
<b>Figura III.13.</b> Comparación del potencial hídrico foliar por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Junio 2010. ....	69
<b>Figura III.14.</b> Comparación del potencial hídrico foliar por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Agosto 2010. ....	69
<b>Figura III.15.</b> Comparación de la fotosíntesis por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Junio 2010. ....	70
<b>Figura III.16.</b> Comparación de la fotosíntesis por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Agosto 2010. ....	70

<b>Figura III.17.</b> Comparación de la conductancia estomática por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Junio 2010...	70
<b>Figura III.18.</b> Comparación de la conductancia estomática por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Agosto 2010...	70
<b>Figura III.19.</b> Comparación de la transpiración por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Junio 2010...	70
<b>Figura III.20.</b> Comparación de la transpiración por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Agosto 2010...	70
<b>Figura III.21.</b> Comparación del potencial hídrico foliar por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Junio 2010....	70
<b>Figura III.22.</b> Comparación del potencial hídrico foliar por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Agosto 2010....	70
<b>Figura III.23.</b> Descomposición del rendimiento, campaña 2010...	72
<b>Figura III.24.</b> Temperaturas medias en el momento de vendimia ...	74

# ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
I.1.	LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR ECONÓMICO VITIVINÍCOLA.....	1
I.2.	LA VITICULTURA EN ESPAÑA .....	2
I.3.	ADAPTACIÓN DE LOS CULTIVARES A LA SEQUÍA.....	3
I.3.1	ABERTURA ESTOMÁTICA, TRANSPIRACION Y ESTADO HÍDRICO DE LA PLANTA .....	3
I.3.2	EFFECTOS DEL DÉFICIT HÍDRICO EN EL DESARROLLO VEGETATIVO .....	5
I.3.3	EL DÉFICIT HÍDRICO Y SU IMPLICACIÓN EN LA MADURACIÓN .....	5
I.4.	COMPUESTOS FENÓLICOS .....	8
I.5.	DESCRIPCIÓN DE LOS CULTIVARES DE ESTUDIO .....	10
I.5.1.	MENCÍA .....	10
I.5.2.	PINOT NOIR .....	12
I.5.3.	TEMPRANILLO.....	14
I.6.	OBJETIVOS .....	17
II.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
II.1	LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO .....	18
II.2	CARACTERÍSTICAS DEL VIÑEDO. MATERIAL VEGETAL .....	19
II.2.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES .....	19
II.2.2	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	20
II.2.3	CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS .....	22
II.3	PROTOCOLO EXPERIMENTAL .....	24
II.3.1	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	24
II.3.2	RÉGIMEN HÍDRICO.....	25
II.3.3	CÁLCULO DEL RIEGO.....	26
II.3.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS .....	28
II.4	DESARROLLO VEGETATIVO .....	29
II.4.1	ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (LAI) .....	29
II.4.2	SUPERFICIE FOLIAR EXTERNA (SA) .....	30
II.4.3	PESO DE LA MADERA DE PODA .....	32

II.5. EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA FISIOLÓGICA.....	34
II.5.1 MEDIDA DE FOTOSÍNTESIS ( $A_n$ ), CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA ( $g_s$ ) Y TRANSPIRACIÓN (E) .....	34
II.5.2 EVALUACIÓN DEL ESTADO HÍDRICO: POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR...	35
II.6. EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA AGRONÓMICA .....	37
II.6.1 RENDIMIENTO Y DESCOMPOSICIÓN DEL RENDIMIENTO .....	37
II.7. EVOLUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL MOSTO.....	39
II.7.1 PESAJE DE LAS MUESTRAS .....	39
II.7.2 OBTENCIÓN DE LA FASE LÍQUIDA DE LA MUESTRA .....	39
II.7.3 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES .....	40
II.7.4 DETERMINACIÓN DEL pH .....	41
II.7.5 DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TOTAL TITULABLE.....	42
II.8 VINIFICACIÓN.....	43
II.8.1 MÉTODO DE VINIFICACIÓN .....	43
II.8.2 DESPALILLADO .....	43
II.8.3 CRIOMACERACIÓN .....	44
II.8.4 INOCULACIÓN DE LEVADURAS .....	44
II.8.5 FERMENTACIÓN .....	45
II.8.6 DESCUBE .....	46
II.8.7 DECANTACIÓN, TRASIEGO Y ENCORCHADO .....	46
II.9 ANÁLISIS DE LAS VINIFICACIONES .....	48
II.9.1 GRADO ALCOHÓLICO ADQUIRIDO.....	48
II.9.2 pH.....	48
II.9.3 ACIDEZ TOTAL.....	49
II.9.4 ACIDEZ VOLÁTIL .....	49
II.9.5 AZÚCARES RESIDUALES.....	50
II.9.6 DIÓXIDO DE AZUFRE. SULFUROSO LIBRE Y TOTAL.....	51
II.9.7 CONCENTRACIÓN DE POTASIO .....	52
II.9.8 MEDIDAS DEL COLOR DEL VINO.....	53



III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	55
III.1. RESPUESTA AGRONÓMICA.....	55
III.1.1. DESARROLLO VEGETATIVO .....	55
III.1.1.1. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR Y SUPERFICIE FOLIAR EXTERNA.....	55
III.1.1.2. PESO DE LA MADERA DE PODA .....	58
III.1.2. RESPUESTA FISIOLÓGICA.....	60
III.1.2.1. POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR ( $\Psi_f$ ) .....	60
III.1.2.2. CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA E ÍNDICE DE BALL-BERRY .....	61
III.1.2.3. FOTOSÍNTESIS ( $A_n$ ), CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA ( $g_s$ ), TRANSPIRACIÓN ( $E$ ) Y POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR ( $\Psi_f$ ). .....	66
III.1.3. RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES.....	71
III.1.4. ANÁLISIS DE MOSTO.....	74
III.2. RESPUESTA ENOLÓGICA .....	77
III.2.1. ANÁLISIS DE LAS MICROVINIFICACIONES .....	77
IV. CONCLUSIONES .....	81
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

# **CAPÍTULO I.**

## **INTRODUCCIÓN**

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **I.1. LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR ECONÓMICO VITIVINÍCOLA**

La tendencia del mercado del vino español en los últimos años se caracteriza por una creciente internacionalización, un ligero incremento del consumo en el hogar a través del canal de la alimentación y el mantenimiento de la caída en el canal de la restauración.

En el año 2010 se registró un volumen de exportaciones de 17,7 millones de hectolitros, y por un valor de 1.920 millones de euros. El sector vitivinícola español depende en gran medida de las exportaciones de volumen, principalmente a granel, pero sobre todo, dirigido a países productores y exportadores de vino. Estas exportaciones se dividen en dos, en función del mercado al que van dirigidas:

- Por un lado, las clásicas exportaciones de vino barato, a granel, dirigidas a países productores y exportadores de vino, como Italia, Francia, Portugal y Alemania, en menor medida.
- Por otro lado existen las exportaciones a granel de precio más elevado, y dirigidas a países netamente consumidores como EE.UU. y Reino Unido.

En el mercado interno, las estadísticas nos muestran una tendencia de suave caída. En el año 2010, los datos para el canal de alimentación apuntan un consumo de 434,9 millones de litros y un valor de 1.060,4 millones de euros.

Esta situación implica nuevos retos para las bodegas y una pérdida clara en el valor y márgenes del vino. Aún así, se aprecia que el consumidor está dispuesto a pagar un precio medio más elevado, lo que puede favorecer las ventas de vinos con Denominación de Origen (D.O) y espumosos en los próximos años.

Sabemos que vender al exterior, actualmente, es imprescindible para cualquier bodega. Esta situación nos sitúa en un ambiente de mayor competencia, por lo que se ha estimulado la investigación vinícola y se ha fomentado la obtención de vinos de calidad (Paz Diago, 2010). Así, esta creciente y necesaria internacionalización de nuestras bodegas, la mayor profesionalización y mejor conocimiento de los mercados, del análisis de nuestras fortalezas y debilidades en la elaboración y comercialización del vino y la búsqueda de nichos y canales alternativos, pueden contribuir a mejorar las ventas de vino español de calidad.

## I.2. LA VITICULTURA EN ESPAÑA

España es el primer país del mundo en superficie de viñedo y, sin embargo, es el tercer país en la producción de vino, detrás de Italia y Francia. Tiene la mayor extensión de viñedo de la Unión Europea (30% de la superficie total de la UE), y del mundo (15% de la extensión mundial) (ICEX, 2008). La vid ocupa el tercer lugar en extensión de los cultivos españoles, por detrás de los cereales y el olivar (MARM, 2010).

La importancia de la viticultura es una realidad desde el punto de vista económico, social, ambiental y cultural. España cuenta con 1,09 millones de hectáreas (MARM, Encuesta sobre cultivos y rendimientos, 2009) destinadas al cultivo de la vid, de las que el 98,5% se destina a la producción de vino.

**Tabla I.1.** Evolución del viñedo de España en superficie

<b>Año</b>	<b>Secano (ha)</b>	<b>Regadío (ha)</b>	<b>Viñedo Transformación (ha)</b>	<b>Total Viñedo (ha)</b>
2002	940.679	243.569	1.184.248	1.208.152
2003	897.430	243.163	1.140.593	1.166.347
2004	876.536	252.504	1.129.040	1.153.366
2005	844.365	284.370	1.128.735	1.149.894
2006	812.836	303.692	1.116.529	1.135.845
2007	799.306	338.657	1.137.963	1.157.853
2008	800.046	329.905	1.129.951	1.148.492
2009	740.498	337.036	1.077.535	1.094.774
2010	688.652	333.459	1.022.111	1.037.356

Fuente: MARM. Elaboración propia

La superficie de viñedo para la vinificación ha ido reduciéndose en los últimos años debido a medidas reguladoras y a la elevada competitividad actual en el sector (Tabla I.1). La superficie de viñedo en regadío ha ido creciendo desde el año 1996, debido a las mejoras realizadas por las explotaciones para generar mayores producciones y un incremento de la calidad y la competitividad.

El cultivo de la vid en España se extiende por todas las comunidades autónomas, aunque la mitad de la superficie de viñedo se encuentra en Castilla La Mancha (580.000 ha), que es la zona geográfica del mundo con mayor extensión dedicada a este cultivo. Extremadura (88.188 ha) ocupa el segundo lugar en extensión de viñedo en España y la Comunidad Valenciana el tercer lugar (84.796 ha).

En cuanto a producción, la mayor parte se concentra en Castilla la Mancha, con más del 50%, seguido de Cataluña (8%), Extremadura (8%), Comunidad Valenciana (5%) y Región de Murcia (5%).

### **I.3. ADAPTACIÓN DE LOS CULTIVARES A LA SEQUÍA**

El agua es uno de los factores más limitantes para la viticultura en regiones mediterráneas (Cifre et *al.*, 2005), donde la demanda transpiratoria es elevada durante el ciclo vegetativo y las precipitaciones escasas (Koundouras et *al.*, 1999). Por ello, es indispensable incrementar la eficiencia del uso del agua por parte de la planta para anticiparse a los efectos y consecuencias de periodos de creciente sequía (Hamdy et *al.*, 2003; Condon et *al.*, 2004).

Muchas de las regiones vitivinícolas españolas tienen precipitaciones anuales de 400-500 mm, o inferiores, y concentradas fundamentalmente en la época invernal. Con esta situación es prácticamente imposible que la reserva hídrica del suelo sea suficiente para la planta (Scienza, 1983). Sería necesario un riego suplementario si se quiere conseguir una cosecha suficiente y de calidad elevada. Además, tenemos que tener en cuenta que en estas zonas se producen años de sequía, con lo que se reduce la recarga del perfil durante invierno y primavera. Con esta situación las cepas pueden padecer un gran estrés hídrico a lo largo del ciclo del cultivo (Williams et *al.*, 1994), e incluso verse comprometida su supervivencia.

En el transcurso de los años, numerosos ensayos en España han tratado de aportar riego sólo en momentos determinados en el ciclo de planta, empleando cantidades moderadas que no permitieran la satisfacción al 100% de las necesidades, sabiendo que el estrés hídrico seguiría estando presente en periodos del ciclo (Lissarrague, 1986; García-Escudero, 1991; Bartolomé, 1991; Yuste, 1995; Esteban, 1995; Gómez del Campo, 1998; Peláez, 1999).

Por lo tanto, un mayor conocimiento de los mecanismos involucrados en la tolerancia al déficit hídrico y de la variabilidad genética existente será de gran importancia para los programas de mejora (Parry et *al.*, 2005).

#### **I.3.1 ABERTURA ESTOMÁTICA, TRANSPIRACION Y ESTADO HÍDRICO DE LA PLANTA**

Las plantas no pueden impedir la difusión del agua hacia el exterior, sin impedir también la entrada de CO<sub>2</sub> en la hoja. La solución funcional a este dilema es la regulación temporal de las aberturas estomáticas (Sánchez-Díaz y Aguirreola, 1996). Los estomas están controlados por numerosos factores ambientales, además de factores internos. En situaciones de déficit hídrico, estos juegan un papel fundamental en la conservación de agua por parte de la planta.

Los factores esenciales a tener en cuenta para comprender la regulación estomática en circunstancias de déficit hídrico son: el contenido de agua en el suelo y su flujo a través de la planta, el ácido abscísico, el potencial hídrico foliar y el déficit de presión de vapor (DPV) de la atmósfera (Cuevas, 2001).

En una situación de déficit hídrico moderado, la demanda atmosférica y el nivel de hidratación de las hojas interaccionan de forma compleja en la regulación estomática, condicionando el intercambio gaseoso y la eficiencia del uso del agua.

En función de la capacidad de adaptación a la sequía, las especies se clasifican en isohídricas o “pesimistas” y anisohídricas u “optimistas” (Schultz, 1996 y 2003; Medrano et al., 2003). Un comportamiento isohídrico proviene de una alta sensibilidad estomática a la humedad del suelo, fotosíntesis reducida y limitación de la transpiración. Esto conlleva a una mayor economía del agua y a un  $\Psi_f$  casi constante (Tardieu y Simonneau, 1998). El comportamiento anisohídrico se caracteriza por tener una sensibilidad más débil a la humedad del suelo y un nivel significativo de fotosíntesis y transpiración en situaciones de intenso déficit hídrico.

Una respuesta inmediata de la vid al déficit hídrico del suelo es la disminución de la conductancia en los estomas tanto a nivel diurno como estacional (Medrano et al., 2003; Williams et al., 1994; Düring et al., 1996). La respuesta de cierre estomático al estrés hídrico puede ocurrir antes de detectarse cambio en el potencial hídrico foliar (Correia et al., 1990; Flexas et al., 1998).

Düring et al. (1996) utilizaron con éxito el modelo de Tardieu y Davies (1993), que integra señales químicas e hidráulicas como causantes de ese cierre estomático:

- 1) La producción de la señal química en las raíces depende del estado hídrico de las mismas, que viene influido por el flujo de agua a través del continuo suelo-planta-atmósfera.
- 2) El flujo de agua diluirá la concentración de la señal en la savia del xilema.
- 3) La sensibilidad estomática a la señal aumenta al disminuir el potencial hídrico foliar.

En ese sentido, la disminución del potencial hídrico foliar actuaría como un amplificador de esa señal química en la hoja, siendo el ácido abscísico el compuesto más sólidamente referenciado como tal (Düring et al., 1996).

La diferencia de presión de vapor entre la hoja y la atmósfera juega también un papel fundamental en la apertura estomática en *Vitis vinifera* L. Un aumento del déficit de presión de vapor por encima de un determinado umbral, produce una disminución en la conductancia estomática, cuya magnitud depende del cultivar (Düring, 1987) y del contenido de humedad del suelo, siendo la reducción en la conductancia más acusada cuando el sistema radicular no se encuentra bien abastecido de agua.

### **I.3.2 EFECTOS DEL DÉFICIT HÍDRICO EN EL DESARROLLO VEGETATIVO**

La vid tiene un requerimiento aproximado de 300 a 800 litros de agua para la formación de 1 Kg de materia seca (Sotes, 1996a).

Desde el punto de vista de las plantas, la disponibilidad de agua en el suelo depende de la velocidad a que las raíces puedan tomar el agua con relación a la demanda de la planta (Bravdo y Proebsting, 1993; Kramer y Boyer, 1995).

En zonas de clima cálido, el déficit hídrico influye de manera considerable en el vigor (Gómez del Campo et al., 2002; Lebon et al., 2006). El primer síntoma visible de déficit hídrico en el suelo es la reducción del crecimiento del pámpano (Kasimatis, 1967), sin embargo, no todos los períodos del ciclo vegetativo de la vid son igual de sensibles a este efecto.

El período de floración a envero es el más sensible al aporte de agua en cuanto a sus efectos en el desarrollo vegetativo (Becker y Zimmermann, 1984).

Numerosos estudios indican que el estrés post-envero tiene poco o ningún efecto en el crecimiento del pámpano (Matthews y Anderson, 1989; Naor et al., 1993; Poni et al., 1994), ya que el desarrollo de la vegetación es completo en gran medida ya en envero (Sommer y Clingeffer, 1996). Ahora bien, un estrés hídrico intenso durante el período de maduración puede reducir de manera importante el área foliar de la cepa debido a fenómenos de senescencia precoz (Bartolomé, 1993).

Sin embargo, un déficit moderado resulta favorable para el agostamiento al eliminar la competencia con el crecimiento (Williams y Matthews, 1990). Así mismo, la defoliación de las hojas basales puede producir quemaduras en los racimos. Se ha observado que el principal efecto del estrés hídrico después de vendimia es la disminución del crecimiento radicular (Wample, 1999).

### **I.3.3 EL DÉFICIT HÍDRICO Y SU IMPLICACIÓN EN LA MADURACIÓN**

El déficit hídrico es un factor importante que influye en el crecimiento de la baya (McCarthy, 1997 y 2000; Ojeda et al., 2001) y su composición (Koundouras et al., 1999; Ojeda et al., 2002).

En situaciones de estrés hídrico, la longitud del raquis del racimo, el tamaño de la baya, el índice de cuajado y el rendimiento se reducen (Smart y Coombe, 1983; Williams y Matthews, 1990). El estrés hídrico durante el estado I de la maduración de la baya reducirá, generalmente, el tamaño final de la baya más que si el estrés se produjera durante los estados

II y III. Williams et *al.* (1994) indican, además, que la disminución en el tamaño de la baya debido a déficits de humedad durante el estado I no es reversible con un aporte suplementario de riego durante II y III.

Los efectos del estrés hídrico en el crecimiento de la baya se reflejan en la cosecha final. Un déficit hídrico post-envero tiene un efecto menos negativo en el rendimiento final que uno de pre-envero.

Así mismo, la composición de la uva depende de la relación entre la superficie foliar, la cantidad de cosecha y de la actividad fisiológica de la planta. Esta última depende enormemente del estado hídrico, de las condiciones ambientales y del microclima que, además de condicionar la actividad de la planta, tiene una acción directa sobre los racimos (Junquera, 2011).

Si el riego se aplica durante las estaciones secas, generalmente aumenta el vigor de la cepa, el tamaño de la baya y los niveles de producción (Kliwer et *al.*, 1983; Roggero et *al.*, 1986). El mayor impacto se produce sobre la composición del mosto, debido al efecto de hidratación de las uvas, que consigue diluir algunos componentes importantes como son el color y el aroma (Bravdo et *al.*, 1985).

Por otro lado, en la elaboración de vinos tintos, el estado de maduración de las uvas es de vital importancia, pues del contenido de azúcares y ácidos dependerá el desarrollo adecuado de la fermentación y el contenido polifenólico (antocianos y taninos), así como el color y la capacidad de crianza (Reyero et *al.* 2005).

El comienzo del envero se simultanea con la formación de compuestos polifenólicos: antocianos y flavanoles. El estudio analítico de estos compuestos, presentes en el hollejo de la uva, como de su evolución durante la maduración de la uva, marcará la importancia de estos en dos propiedades organolépticas como son el color y la astringencia. Estas sustancias están constituidas fundamentalmente por antocianinas y fenoles tánicos. El paso de estas sustancias a la fracción líquida durante la maduración determina la intensidad colorante del futuro vino.

Seguin (1970) observó una mayor concentración de compuestos fenólicos en las bayas procedentes de cepas cultivadas en suelos con un cierto déficit de agua durante el periodo de maduración y que mantienen a la planta en un estado de relativa sequedad.

Las condiciones de maduración tienen una influencia decisiva en la concentración final de antocianos y taninos (Scienza et *al.*, 1981; Ribéreau-Gayon y Glories, 1986). La pigmentación se mejora cuando las temperaturas se encuentran más próximas a los 20 °C que a los 30 °C. Así, las situaciones de estrés entre el cuajado y envero aumentan los fenoles, mientras que el déficit entre envero y cosecha, conlleva a un aumento de antocianos y de acidez.



Es importante tener en cuenta que durante el proceso de vinificación sólo pasan 2/3 partes de la materia colorante (Dupuy et *al.*, 1980).

En general, cuando la planta se enfrenta a situaciones de estrés severo, un riego suplementario es beneficioso, porque regulariza la cosecha sin incrementos notables de la producción y permite estabilizar la calidad de la uva y del vino (Sotés, 2007).

## I.4. COMPUESTOS FENÓLICOS

El papel de los compuestos fenólicos en los cultivares de uva tinta es determinante para la calidad del vino cuyo destino es la crianza en barrica.

El contenido en compuestos fenólicos del vino depende tanto del cultivar y el rendimiento de la cosecha como de las condiciones edafoclimáticas y técnicas culturales aplicadas al viñedo.

Los compuestos fenólicos, según su estructura química, se pueden subdividir en flavonoides o no flavonoides (Tabla I.2). Cada grupo se divide en varias familias que comparten características estructurales, las cuales confieren propiedades específicas como aroma, color y sabor, provocando astringencia a través de interacciones con las proteínas salivares (Cheynier *et al.*, 2006).

Su extracción depende de la ubicación en la baya y su solubilidad. Todos los compuestos fenólicos son inestables y se someten a numerosas reacciones enzimáticas y químicas.

Entre ellos, son especialmente relevantes en la calidad de los vinos tintos de crianza los compuestos flavonoides, básicamente los flavanoles y las antocianidinas.

**Tabla I.2.** Clasificación de los compuestos fenólicos

Compuestos no flavonoides	Compuestos flavonoides
Ácidos fenólicos: Ácidos benzoicos Ácidos cinámicos	Flavonoles
Estilbenos	Flavanoles: Taninos o proantocianidinas
Resveratrol	Antocianidinas y antocianos

La capacidad para el envejecimiento en barrica de los vinos tintos está relacionada en gran medida con su composición en compuestos fenólicos (básicamente de antocianinas responsables del color rojo, y de procianidinas responsables de parte del color amarillo y del gusto amargo, así como de la astringencia y del cuerpo del vino). El color del vino tinto se debe a la presencia de las antocianinas, en forma libre y combinada a las procianidinas, que contribuyen a los colores rojo, amarillo y azul del color del vino, en función del pH del medio.

Durante el proceso de envejecimiento se produce una polimerización de las procianidinas que da lugar a una disminución del gusto amargo y de la astringencia y, también, a un incremento de la componente amarilla del color. Simultáneamente las antocianinas pueden dar lugar a dos

tipos de reacciones: por una parte son oxidadas, lo que implica una disminución de la componente roja del color, y por otra se produce una combinación entre antocianinas y procianidinas, lo que da lugar a una estabilización del color rojo. Son precisamente estas combinaciones de antocianinas-procianidinas las responsables del color de los vinos tintos añejos, así como de la capacidad del vino para resistir la capacidad oxidativa en la bodega.

Por lo tanto, un vino tinto destinado a la crianza en bodega debe poseer una concentración elevada de antocianinas, ya que si no la oxidación de las mismas provocará una pérdida importante del color rojo del vino durante el envejecimiento. De igual manera, tiene que poseer una elevada concentración de procianidinas, ya que así se favorecerá la combinación entre las antocianinas y las procianidinas que permitirá una estabilización del color frente a posteriores oxidaciones.

Las antocianinas son específicas de las uvas tintas y se encuentran en el hollejo de las bayas. Son derivados de monoglucósidos de delfinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina. A la delfinidina y cianidina se les considera pigmentos primitivos (Roggero *et al.*, 1986) ya que a partir de ellos, parece que tienen lugar la síntesis de los demás. El glucósido petunidina se obtiene a partir de la delfinidina y se transforma, posteriormente, en malvidina.

La malvidina es la que se encuentra siempre en mayor proporción respecto al total a lo largo de la maduración, seguida de delfinidina, petunidina, peonidina y por último cianidina, que es la que permanece más uniforme a lo largo de la maduración. Esta distribución es característica de cada cultivar.

## I.5. DESCRIPCIÓN DE LOS CULTIVARES DE ESTUDIO

Los tres cultivares elegidos para este trabajo han sido: Mencía, Pinot noir y Tempranillo. Son tres uvas de características distintas que hemos querido comparar y analizar su comportamiento.

Consideramos a Tempranillo como el cultivar de referencia frente a los otros dos, Mencía y Pinot noir, puesto que conocemos su comportamiento de forma más extensa debido a su amplia distribución y cultivo en la Península ibérica.

### I.5.1. MENCÍA

- **Origen**

Algunos autores, entre ellos Peñín (1997), determinan su origen en Francia, en la región de Burdeos, según los cuales su llegada a España está asociada al Camino de Santiago. Desde aquí, se pudo asentar en algunas zonas vitivinícolas del noroeste español, como Valdeorras, Monterrei, Ribeira Sacra, El Bierzo (León), donde mayoritariamente se encuentra localizada y desde donde se conoce su existencia en España.

- **Sinonimias**

El cultivar Mencía se conoce en algunos lugares con los nombres de Negra, Cabernet, Médoc, Mencía pajaral y Mencía pequeña.



**Figura I.** Racimo de Mencía

- **Zonas de cultivo**

Está recomendado para las Comunidades autónomas de Asturias, Castilla y León y Galicia, así como en Cantabria y Castilla-La Mancha. Su distribución se localiza principalmente en El Bierzo y en áreas del sureste de Galicia, donde se centra en las denominaciones de origen de Ribeira Sacra, Valdeorras y Monterrei. En los terrenos de Ribeira Sacra es cultivado en bancada, muchas de ellas establecidas durante la época romana. También se cultiva en parcelas del norte de Portugal.

- **Características ampelográficas**

Se trata de una hoja pequeña, con la forma del limbo pentagonal, que presenta cinco lóbulos, con una pigmentación antociánica de los nervios principales del haz nula o muy débil, los dientes muy cortos, la longitud de los dientes en relación con el ancho de la base cortos y la forma de la base del seno peciolar en forma de “V”.

El racimo es entre mediano y pequeño, con una compacidad media y la longitud del pedúnculo muy corto (hasta 3 cm) y tiene forma cónica corta, cilíndrica o doble con alas. La baya se caracteriza por ser entre pequeña y mediana, de forma elíptica corta; la epidermis es de color azul negra, con la pulpa no coloreada y de fácil separación del pedicelo; además de tener pepitas, las cuales carecen de estrías transversales en la cara dorsal.

- **Características agronómicas**

Se trata de un cultivar de brotación media y la madurez fisiológica de la baya también media. Está adaptado a terrenos cálidos y algo secos, de fertilidad elevada y producción media-alta. Tiene un rendimiento medio de entre 1,7 a 2,2 kg/cepa. El desarrollo vegetativo es bajo.

La Mencía es sensible al oídio y al mildiu. Sensible a enfermedades de madera. De mediana sensibilidad a la Botrytis y poco afectada por ácaros.

- **Características enológicas**

Genera vinos de intenso color frambuesa, aromas intensos a frutas, pero también delicados a flores, buenas dosis alcohólicas, buena acidez y posibilidades de crianza. Aunque en algunas zonas como el Bierzo, la Ribeira Sacra o las Rías Baixas, hasta hace poco los tintos a base de Mencía eran más bien vinos ligeros, pronto para beber, y de baja graduación alcohólica, poco a poco han ido transformándose, especialmente en el Bierzo y la Ribeira Sacra, en vinos que buscan sacar a flote toda su potencia, la expresividad del terruño, y la buena capacidad de

envejecimiento que está demostrando tener la Mencía, añadiendo crianzas en madera más prolongadas. Esto está propiciando un renacer de esta cepa, que estudios recientes asemejan mucho con la Cabernet Franc, de ahí que algunos vinculen su origen con Burdeos.

Su sensibilidad a la oxidación es determinante para no realizar una crianza superior a los seis meses en barrica, y, en general, se considera que ganan más sin el paso por madera.

Hay que destacar también las interesantes experiencias que se están acometiendo en combinación con cepas francesas, especialmente Cabernet Sauvignon y Merlot. En concreto, las de Mencía y Cabernet Sauvignon están dando lugar a la elaboración de vinos de calidad en el Bierzo, dotados de un gran equilibrio entre acidez, taninos y alcohol.

### **I.5.2. PINOT NOIR**

- **Origen**

Este cultivar francés se desarrolla sobre todo en los mejores pagos de la montaña de Teims, aportando al champán cuerpo, vigor y presentación. Pinot noir es uno de los cultivares más antiguos y ha sido cultivado desde siempre en Champaña para la producción de los grandes vinos de Borgoña. Pinot noir es genéticamente inestable y nuevos clones resultantes de mutaciones han sido seleccionados por los viticultores atraídos por su especial color o crecimiento vegetativo (Reynier, 2002).



**Figura I.** Racimo de Pinot noir

- **Sinonimias**

En Francia, Pinot noir se conoce también con los nombres de Pineau de Bourgogne, Franc Pineau, Noirien, Franc Noirien, Salvagnin, Morillon, Auvernat, Auvernaut noir, Plant Doré y Vert Doré. Fuera de Francia, dependiendo del lugar, esta variedad puede tener diversos sinónimos, como son: Burgunder blazer, Clävner, Blazer-Klävner, Möhrchen y Schwarzer Burgunder, en Alemania; Pinot nera y Pignola, en Italia.

- **Zonas de cultivo**

Es un cultivar que no se adapta fácilmente a cualquier región, requiere de un clima frío para lograr buenos resultados.

En España, y según el Real Decreto 1472/2000, es recomendado para las Comunidades autónomas de Aragón, Cataluña, Extremadura, La Rioja y Comunidad Valenciana; además está autorizado en Andalucía, Asturias, Baleares, Canarias, Cantabria, Castilla La Mancha, Castilla y León, Navarra y País Vasco. Se cultiva en viñedos de Penedés Superior.

Las principales regiones y países productores de este cultivar son: Francia, Alemania, Sonoma Country en California y Oregón (EE.UU.), Australia y Sudáfrica.

- **Características ampelográficas**

El pámpano es de color verde con rayas rojas en la cara dorsal y verde en la cara ventral, tanto en el nudo como en el entrenudo. Los zarcillos son gruesos y de longitud media. La hoja joven tiene una nula o muy débil intensidad antociánica y densidad media de pelos tumbados. La hoja adulta es de tamaño pequeño y su forma es pentagonal. La hoja tiene tres lobulos. El seno peciolar está ligeramente abierto, en forma de “v”. la pigmentación del haz es nula o muy débil. No hay presencia de pelos tumbados o erguidos, ni en los nervios ni entre ellos.

El racimo tiene un tamaño pequeño, forma cilíndrica y raramente es alado. El racimo suele ser compacto. El pedúnculo es muy duro, lignificado y muy corto. La baya es de tamaño pequeño, uniforme, de color negro-azul y sección circular, enceradas con abundante pruina. El hollejo es grueso. La pulpa no tiene pigmentación. En la baya las pepitas se encuentran bien formadas.

- **Características agronómicas**

Se trata de uno de los cultivares más tempranos en cuanto a brotación. Esto le hace sensible a las heladas primaverales, por lo que no es aconsejable su cultivo en planicies o zonas bajas septentrionales. Sin embargo, en el transcurso del invierno, Pinot Noir ha demostrado su gran resistencia a las bajas temperaturas. Tiene un desarrollo vegetativo reducido.

Se caracteriza por su bajo rendimiento (4,1 t/ha), porque aunque presenta una elevada fertilidad no puede compensarlo por el pequeño tamaño de los racimos.

- **Características enológicas**

El vino proveniente de Pinot noir se caracteriza por su estructura de bajos taninos y de cuerpo medio. Produce un vino tinto agradable capaz de envejecer y sobre todo un rosado afrutado agradable. Se caracteriza por su estructura taninosa baja.

### **I.5.3. TEMPRANILLO**

- **Origen**

Existe una hipótesis sobre el origen Borgoñés del Tempranillo, por la similitud con el proceso vegetativo de la Pinot noir y la semejante evolución de sus vinos en fase de crianza, aunque lógicamente son distintas. En España es el cultivar más reconocido para elaborar vino tinto.

- **Sinonimias**

Tinta del país (Ribera del Duero), Cencibel (La Mancha) , “uva noble” del país, Ull de Llebre (Cataluña), Tinta de Toro (Zamora), Morisca y Chinchillana (Extremadura), Tinta Roriz y Aragonêz (Portugal), Valdepeñas (EE.UU.), etc.

- **Zonas de cultivo**

Actualmente es el cultivar más empleado en España. Las dos regiones principales donde se utiliza son La Rioja y la Ribera del Duero. Está prácticamente presente en todas las denominaciones de origen españolas. Además, existen plantaciones también en Portugal, Francia, Argentina, Chile, Uruguay, Perú, República Dominicana, México, California (EEUU) y, recientemente, en Australia.



- **Características ampelográficas**

Las hojas jóvenes son vellosas de color verde amarillento y bordes rojizos. Las adultas son de gran tamaño y color verde azulado. Su forma es pentalobulada con un el lóbulo central alargado. En el envés poseen una densidad media de pelos tumbados. El racimo es mediano o grande, compacto, largo, estrecho, cilíndrico y a veces alado. Las bayas son medianas, esféricas de color negro azulado, hollejo bastante grueso, pulpa carnosa y piel jugosa. El peso medio del racimo oscila entre los 110-200 g, según las condiciones de cultivo.



**Figura I.** Racimo de Tempranillo

- **Características agronómicas**

Es de ciclo corto y desborre y brotación temprana, hacia finales de marzo. La floración se produce en la primera quincena de junio y el envero hacia finales de julio. Presenta una maduración temprana en septiembre (de ahí su nombre), pudiendo variar estas fechas dependiendo de las zonas. Tiene una producción moderada. Moderando sus rendimientos se permite ampliar su área de cultivo desde zonas cálidas a zonas más frescas y ser cosechada antes de las lluvias de otoño.

Goza de una fertilidad media alta aunque varia con las condiciones de cultivo. Es un cultivar muy vigoroso. Con aportes de agua elevados, el exceso de vigor puede provocar desequilibrios en la planta por el gran desarrollo de su parte vegetativa. Muestra un buen comportamiento en terreno margo arenosos y margo arcilloso.

Es muy sensible al oídio (*Erisiphe necator*) y a los ácaros en general. Sensible a yesca (*Stereum hirsutum*). También presenta mucha sensibilidad al virus del entrenudo corto aunque es resistente a la Botrytis. Se ve muy afectado por la sequía extrema (en zonas secas la variedad responde favorablemente a aportes moderados de agua).

- **Características enológicas**

El potencial cualitativo de este cultivar es alto y su destino es muy versátil pudiéndose destinar tanto a la elaboración de tintos jóvenes y jóvenes de maceración carbónica, así como para su envejecimiento en bodega. Los mejores caldos se obtienen en aquellas zonas con temperaturas medias diarias suaves y gran amplitud térmica día-noche durante el periodo de maduración. En zonas muy cálidas suele presentar problemas de caída de acidez, con pH muy alto (> 3,6) y mostos con un alto grado alcohólico probable y bajo contenido de polifenoles.

## **I.6. OBJETIVOS**

El riego permite manipular el estado hídrico de la cepa, de tal manera que la aplicación razonada del mismo puede causar cambios favorables en la productividad de la cepa y en la maduración de la baya.

Los cultivares de vid han mostrado estar bien adaptados a los excesos de insolación y de temperatura, y en muchos casos a la sequía. Hay que valorar la sensibilidad a los excesos térmicos y a la sequía que presentan en sus parámetros de madurez (acidez, pH, aroma, color) y en su eficiencia fotosintética.

Además, estudiaremos los efectos del déficit hídrico en los mecanismos de crecimiento, composición y maduración de la uva. Veremos cómo interacciona el cultivar con la disponibilidad hídrica y sus consecuencias.

Por otro lado, está la problemática actual con respecto al incremento de pH de los vinos, en especial en los producidos en zonas de clima cálido. Este aspecto es motivo de verdadera preocupación.

También analizaremos los compuestos polifenólicos presentes en las vinificaciones. A este parámetro, hoy en día, se le da mucha importancia por su repercusión en la crianza.

En base a las premisas anteriores, el propósito de este trabajo es:

- Analizar las características de estos cultivares y de sus uvas en el momento de su maduración.
- Conocer los mecanismos de adaptación o tolerancia al déficit hídrico en los tres cultivares de ensayo para hacer un buen uso de los recursos naturales y del riego.
- Poder predecir la conducta de estas variedades en otras zonas de cultivo o recomendar algunas prácticas de cultivo.
- Evaluar el potencial enológico que presentan los tres cultivares y descartar o recomendar, en base a los resultados obtenidos, las posibles zonas de cultivo.

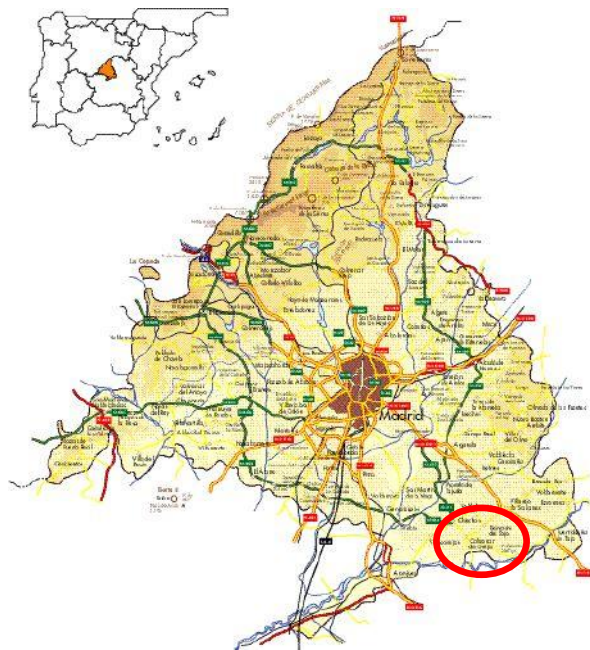
## **CAPÍTULO II.**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### II.1 LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se llevó a cabo durante la campaña 2010 en el Centro de Transferencia Tecnológica Vitivinícola “El Socorro” (IMIDRA-CAM), situado en el término municipal de Colmenar de Oreja, cercano a las localidades de Belmonte de Tajo, Chinchón y Valdelaguna (Figura II.1). Se ubica en las coordenadas 40° 08′ 01,29″ N y 3° 22′ 26,59″ O, en la intersección de las carreteras M-404 y M-315 de la Comunidad de Madrid.



**Figura II.1.** Localización del ensayo.

El C.T.T.V. “El Socorro” dispone de 22 hectáreas con 23 parcelas de viñedos experimentales de distintas edades, en cuyo conjunto se reúnen los más diversos aspectos de la viticultura: patrones, cultivares, tipos de plantación, formas de poda, técnicas de cultivo, etc.

La parcela experimental donde se ha realizado este estudio se corresponde con la parcela nº 2, dedicada a la plantación de distintos cultivares de vid con el objetivo de evaluar el comportamiento y las aptitudes viníferas de éstos.

## II.2 CARACTERÍSTICAS DEL VIÑEDO. MATERIAL VEGETAL

### II.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

La parcela experimental se encuentra situada a una altitud de 732 m y tiene una superficie de, aproximadamente, 1 hectárea.



**Figura II.2.** Detalle de la parcela del ensayo

La plantación se realizó en 2001. El portainjerto utilizado es 41B, que soporta niveles del 40% de caliza activa, ideal para los suelos de la zona. El marco de plantación aplicado fue de 2 m x 1 m (5.000 cepas/ha) y la orientación de filas es Norte-Sur. El sistema de conducción fue en cordón unilateral (Figura II.2). Se realizó poda corta (pulgares de dos yemas), dejando 6 pulgares y 12 pámpanos por metro lineal.

El sistema de riego empleado fue por goteo, con separación entre goteros de 2 m x 0,75 m, siendo de tipo autocompensantes y con un aporte de caudal de 2L/h. Las tuberías portagoteros iban dispuestas a lo largo de la línea de cultivo, a 30 cm de altura con respecto del suelo.

Se ha controlado, mediante operaciones en verde, el número de pámpanos por hectárea fijado en la poda de invierno. La recogida y posicionamiento de los pámpanos fue entre alambres. De esta manera se mantienen equilibrados y adecuados a la forma en espaldera.

Las técnicas de cultivo desarrolladas en el ensayo a lo largo de la campaña 2010, como abonado, tratamientos fitosanitarios, mantenimiento del suelo, etc., se han aplicado en la forma habitual de gestión de la finca, por igual en todos los cultivares estudiados. Se segó la cubierta vegetal, se aplicó herbicida en la línea y se pasó el arado intercepas. Además se realizó la poda en verde, el atado de tutores y se recogió la vegetación entre los alambres. También se hizo el marreado pertinente, los reatados necesarios y se quitaron los rebrotes.

## II.2.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

El observatorio meteorológico consultado para la descripción climática de la parcela experimental ha sido una estación climática completa modelo Campbell Scientific, situada junto a la parcela, perteneciente a las instalaciones de “El Socorro”. Los datos climáticos correspondientes al estudio proceden de dicha estación hasta el mes de julio. A partir de este mes, hubo problemas de conexión y se tuvieron en cuenta los datos de la estación agroclimática de Chinchón, facilitados por el Ministerio de Agricultura y Medio Rural y Marino (MARM), hasta finales de julio de 2010. A partir de esta fecha se empleó un registrador de temperaturas y humedad modelo EL-USB-2 de la marca Sol Franc.

Las temperaturas para el periodo 1999-2010 han sido suaves. Las temperaturas medias de julio y agosto para el periodo plurianual (Tabla II.1) fueron del 22,06 °C y 21,54 °C, con una precipitación media anual de 373 mm.

**Tabla II.1.** Características climáticas medias del periodo 1999-2010.

Mes	Tm(°C)	Tmáx (°C)	TMáx (°C)	Tmín (°C)	TMin (°C)	ET <sub>0</sub> (mm)	P (mm)	HR (%)	ITe (°C)
ENERO	3,57	8,71	14,64	-1,12	-7,90	20,77	24,45	72,22	
FEBRERO	5,12	10,87	16,98	-0,44	-6,85	31,42	35,12	62,78	
MARZO	7,97	13,71	20,50	2,30	-4,34	60,51	38,42	57,87	
ABRIL	10,72	16,57	24,03	4,63	-1,07	87,99	41,98	55,19	65
MAYO	14,41	20,37	28,54	8,03	1,68	115,68	40,51	52,11	232
JUNIO	19,69	26,43	32,19	12,12	5,98	152,66	20,59	41,03	548
JULIO	22,06	29,01	33,68	13,70	7,83	177,62	5,27	34,01	949
AGOSTO	21,54	28,73	33,82	13,31	7,22	152,08	6,80	36,98	1331
SEPTIEMBRE	17,33	24,59	29,96	10,22	3,48	97,33	15,89	48,31	1575
OCTUBRE	12,13	18,16	23,96	6,56	-0,70	50,55	61,41	63,24	1673
NOVIEMBRE	6,73	12,28	18,73	1,72	-4,34	24,68	35,97	69,38	
DICIEMBRE	4,21	9,07	14,01	-0,15	-6,43	16,36	46,38	73,99	
ANUAL	12,12	18,20	33,82	5,90	-7,90	987,65	372,80	55,60	1673

Fuente: Estación meteorológica Campbell Scientific “El Socorro” y de Chinchón (SIAR-MARM). Tm: Temperatura media(°C). Tmáx: Temperatura media de máximas (°C). TMax: Temperatura máxima (°C). Tmin: Temperatura media de mínimas (°C). TMin: Temperatura mínima (°C). ET<sub>0</sub>: Evapotranspiración mensual (mm). HR: Humedad relativa media (%). P: Precipitación (mm). ITe: Integral térmica eficaz (°C).

Según estos datos, la zona donde se localiza el ensayo pertenece a una zona semiárida tipo mediterránea (Índice de Aridez de De Martone) y es de clima templado-cálido (Clasificación UNESCO-FAO).

La ITe (integral térmica eficaz) para este mismo periodo fue de 1673 °C y se engloba dentro de una zona III de Winkler: zona templado-cálida, comprendida entre los valores 1651 y 1925 °C.

Por otro lado, en el año 2010, las temperaturas medias de julio y agosto fueron 25 y 24,2 °C, con una precipitación de 370 mm (Tabla II.2). Para este año, la ITe fue de 1733 °C (zona III de Winkler). Se produjeron nevadas al comienzo del año y las precipitaciones fueron intensas en primavera por lo que se favoreció la acumulación de agua en el suelo.

**Tabla II.2.** Características meteorológicas del año 2010.

Mes	Tm (°C)	Tmáx (°C)	TMax (°C)	Tmin (°C)	TMin (°C)	ET <sub>0</sub> (mm)	P (mm)	HR (%)	ITe (°C)
ENERO	3,8	7,4	13,1	0,02	-10,0	20	37,2	79	
FEBRERO	4,7	9,2	19,1	0,46	-7,0	27	68,4	60	
MARZO	7,3	12,7	19,7	2,09	-6,9	60	62,4	62	
ABRIL	12,3	18,2	26,9	6,28	0,0	90	56,6	63	82
MAYO	14,4	20,4	30	7,58	-0,9	127	0,1	54	227
JUNIO	19,2	25,8	32,6	12,09	5,0	139	15,4	54	503
JULIO	25,0	32,5	35,1	14,91	9,9	180	14,2	41	968
AGOSTO	24,2	33,1	38,5	14,44	9,4	142	5,3	47	1410
SEPTIEMBRE	18,8	28,3	36,5	10,70	4,0	86	19,4	55	1675
OCTUBRE	11,2	19,9	28,5	3,85	-6,5	43	26,8	69	1733
NOVIEMBRE	6,9	15,8	30	0,38	-8,0	18	23,7	81	
DICIEMBRE	4,7	11,9	21	-0,09	-12,5	12	40,1	83	
ANUAL	12,7	19,6	38,5	6,05	-12,5	944	369,6	62,3	1733

Fuente: Estación meteorológica Campbell Scientific “El Socorro” y de Chinchón (SIAR-MARM). Tm: Temperatura media(°C). Tmáx: Temperatura media de máximas (°C). TMax: Temperatura máxima (°C). Tmin: Temperatura media de mínimas (°C). TMin: Temperatura mínima (°C). ET<sub>0</sub>: Evapotranspiración mensual (mm). HR: Humedad relativa media (%). P: Precipitación (mm). ITe: Integral térmica eficaz (°C).



En esta zona es clave la presencia de las heladas primaverales, que son muy tardías y limitan los rendimientos y la cantidad de días disponibles para que maduren las uvas. También son importantes las heladas de finales de agosto que condicionan el agostamiento y nivel de reservas para la brotación del año siguiente.

En esta zona de Winkler se favorece la producción de uva de alto contenido en azúcar, algunas veces poco ácida. Pueden producir excelentes vinos dulces naturales. Los vinos mejor equilibrados pueden obtenerse en regiones I y II. Los cultivares tintos más utilizados son Garnacha, Cabernet Franc, Cabernet Sauvignon, Syrah, Merlot, Tempranillo, etc. También se emplean Parellada, Semillon, Pedro Ximenez, Xarello, Riesling y Viura como cultivares blancos. A esta misma zona pertenecen las D.O. españolas de Cataluña y las de la zona centro peninsular.

### II.2.3 CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS

El material original del terreno en el que se localiza la parcela son margas y calizas; el drenaje es muy bueno y no existe pedregosidad. Los afloramientos rocosos y la salinidad superficial son nulos. La parcela se sitúa en la cima de una pequeña loma, siendo las pendientes inferiores al 2%.

Las características físico-químicas del suelo donde se encuentra el viñedo experimental se detallan a continuación, en las tablas II.3, II.4, II.5 y II.6.

**Tabla II.3.** Características edafológicas de la parcela experimental.

Profundidad (cm)	Horizonte genérico	Clasificación (USDA, 1994)
0 - 18	A <sub>p</sub>	Xerochrept calcixerollic
18 - 30	A <sub>12</sub>	
30 - 86	C <sub>k1</sub>	
86 - 120	C <sub>k2</sub>	
120 - 180	C <sub>k3</sub>	

**Tabla II.4.** Características edafológicas de la parcela experimental.

Profundidad (cm)	Elementos gruesos (%)	Textura Arena (%)	USDA Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural
0 -18	1,52	20,56	46,68	32,76	Franco - arcilloso
18 - 30	1,06	24,31	40,43	35,26	Franco - arcilloso
30 -86	12,05	31,81	41,68	26,51	Franco - arcilloso

**Tabla II.5.** Características edafológicas de la parcela experimental.

Profundidad (cm)	Materia orgánica (%)	Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	pH (1:2,5)	Caliza activa (%)
0 -18	1,00	0,11	8,6	9,62
18 - 30	0,95	0,13	8,6	11,84
30 -86	0,46	0,12	8,7	25,62

**Tabla II.6.** Características edafológicas de la parcela experimental.

Profundidad (cm)	Potasio	Cationes Calcio	Extraíbles Magnesio	(meq/100g) Sodio	C.I.C. (meq/100g)	Fósforo (ppm) Olsen
0 -18	0,65	15,74	1,30	0,25	17,94	34
18 - 30	0,30	15,68	0,21	0,07	17,80	11
30 -86	0,10	9,42	0,48	0,02	11,04	0

## II.3 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

### II.3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental se dispuso en cuatro bloques, en los que los cultivares se encontraban al azar, en cada uno de ellos. A su vez, cada bloque se dividió en dos subparcelas (Figura II.3), asignándose a una un régimen hídrico óptimo (R) y a la otra un régimen deficitario (D). Para poder conseguir esto se instalaron unas tuberías ciegas en la mitad de cada bloque para privar de agua al tratamiento D en los momentos necesarios. De esta forma, se pudieron regar independientemente los dos tratamientos y alcanzar el nivel de estrés hídrico deseado.



**Figura II.3.** Vista aérea de la parcela y croquis de los bloques y tratamientos.

En cada bloque hay 25 cultivares (uno por cada fila), de los cuales se evalúan para este trabajo tres: Mencía, Pinot noir y Tempranillo.

El estudio de la respuesta fisiológica (fotosíntesis ( $A_n$ :  $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ), conductancia estomática ( $g_s$ :  $\mu\text{mol H}_2\text{O}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ), transpiración ( $E$ :  $\mu\text{mol H}_2\text{O}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ) y potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ : MPa) y el índice de área foliar (LAI:  $\text{m}^2$  de follaje/ $\text{m}^2$  de suelo) y superficie foliar (SA:  $\text{m}^2$  de follaje/ $\text{m}^2$  de suelo) se llevó a cabo en el bloque III (Figura II.3). Para ello, se marcaron cinco cepas de cada cultivar con riego óptimo y otras cinco con riego deficitario (Figura II.4).

Se eligieron cepas sanas, homogéneas, con doce pámpanos por cepa y representativas en conjunto del tratamiento. A la hora de la elección de estas unidades experimentales, se descartaron las cepas borde o las limítrofes a marras para minimizar la variabilidad dentro del tratamiento. Los datos se analizaron como si fuera un diseño factorial totalmente al azar.



**Figura II.4.** Detalle del bloque III, con las cepas marcadas para el estudio fisiológico.

El estudio agronómico (rendimiento, peso de madera de poda, composición del mosto y del vino) se realizó en los cuatro bloques. Se descartaron las cepas iniciales o bordes y las limítrofes a marras para minimizar la variabilidad dentro del tratamiento. De este modo, se reduce el error experimental y se mejora la precisión del experimento y así resaltar las diferencias significativas.

### II.3.2 RÉGIMEN HÍDRICO

Se establecieron dos regímenes hídricos para cada cultivar: riego óptimo (R) y riego deficitario controlado (D).

El parámetro de control del régimen hídrico fue el potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) de la planta a las 11 horas (UTC: *Universal Time Coordinate*). Para ello, se realizaron medidas semanales del potencial hídrico foliar con una cámara de presión tipo Scholander en hojas adultas, sanas y bien expuestas a la radiación solar. Se embolsó y cortó por el peciolo cada hoja. Se introdujo la muestra en la cámara de presión y se midió el potencial.

Para decidir las horas de riego necesarias se comparó el potencial hídrico foliar medido en dos cultivares con distinto desarrollo vegetativo: Tempranillo (más vegetativa) y Viognier (menos vegetativa), que se tomaron como referencia para conocer el estado hídrico de la planta.

La medida se realizó el día antes de la aplicación del riego que era cuando más estresada estaba la planta.

Con estas mediciones se pudo calcular el momento y las horas de riego necesarias para mantener estable los niveles de estrés hídrico antes fijados. El riego se efectuó siempre y cuando los valores de potencial establecidos fueran alcanzados o superados en cada tratamiento de riego, fijando un valor de -1,2 MPa para el tratamiento de riego óptimo (R) y -1,4 MPa para el riego deficitario (D). Además, se tuvieron en cuenta los datos meteorológicos de la semana anterior para conocer el consumo de la planta y estimar sus necesidades de riego.

### II.3.3 CÁLCULO DEL RIEGO

Para decidir la duración de aportes de riego necesarias, se tuvieron en cuenta los valores de potencial hídrico foliar registrados semanalmente y las necesidades de riego.

Para establecer las necesidades de agua para semana, se realizaron los siguientes cálculos:

$$ET_c = K_r \times ET_0 \quad [\text{Ec. 1}]$$

Siendo:

- $ET_c$ : la evapotranspiración del cultivo
- $K_r$ : % de la  $ET_0$
- $ET_0$ : evapotranspiración de referencia. Utilizaremos para los cálculos de riego la  $ET_0$  de la semana anterior, realizando el balance semanal.

$K_r = 0,3$ : es constante durante toda la campaña de riego, basándonos en los ensayos previos de riego en el propio centro vitivinícola y en los resultados de otros grupos de investigación de riego en la vid (Williams y Ayars, 2005). Al tratarse de un sistema de riego por goteo, el rendimiento es de un 0,9 ( $\eta_{\text{riego}}$ ).

El cálculo sería el siguiente:

$$\text{Necesidades Teóricas Riego (mm)} = [ET_c (\text{mm/semana}) - Pe(\text{mm/semana})] / \eta_{\text{riego}}$$

[Ec. 2]

**Tabla II.7.** Necesidades de riego en los tratamientos R y D para 2010.

Semana	Eto (mm/semana)	Etc (mm/semana)	Horas R	Horas D	Riego R (mm)	Riego D (mm)
12-18 jul	43,3	12,99	4		5,87	
19-25 jul	42	12,59	12		17,60	
26-01 ago	41,5	12,44	11,45		16,79	
02-08 ago	37,4	11,22	10		14,67	
09-15 ago	34,9	10,46	8		11,73	
16-22 ago	29,6	8,89	8		11,73	
23-29 ago	35,2	10,56	8,3	8,3	12,17	12,17
30-05 sep	23,6	7,09	12	9	17,60	13,20
06-12 sep	26,3	7,89	6,45	0	9,46	0,00
13-19 sep	18,6	5,58	10,3	10,3	15,11	15,11
20-26 sep	14,6	4,38	3		4,40	0,00
Total			93,5 h	27,6 h	137,13 mm	40,48 mm

Et<sub>0</sub>: evapotranspiración de referencia; Etc: evapotranspiración del cultivo; Horas R: horas de riego en tratamiento R; Horas D: horas de riego en tratamiento D; Riego R: riego aplicado en tratamiento R; Riego D: riego aplicado en tratamiento D. R: riego óptimo; D: riego deficitario.

El cálculo de la precipitación efectiva (Pe), se realizó según el criterio de Cuevas (Cuevas, 2001):

- Una lluvia aislada de menos de 7 mm se consideró no efectiva.
- Una lluvia aislada de 7-12 mm se consideró efectiva en un 50%.
- Una lluvia aislada de más de 12 mm se consideró efectiva al 100%.
- Lluvias continuas de más de 7 mm se consideraron efectivas al 100%, exceptuando los primeros 7 mm.

Se regó un total de 137 mm en el tratamiento R y 40 mm en el D.

### II.3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS

En cada parcela elemental o bloque hay 28 plantas de control, 14 con riego óptimo y 14 con riego deficitario, resultando un total de 56 plantas control por cada cultivar y régimen hídrico.

Se realizó un análisis de la varianza, correspondiente a un diseño factorial en bloques al azar, con dos factores, cultivares y régimen hídrico. El cultivar es el factor principal y el segundo, el régimen hídrico, un split-plot dentro del principal.

El análisis de los parámetros ecofisiológicos (medidos en el bloque III) se realizó como un diseño completamente al azar para ambos factores, cultivar y régimen hídrico. Cuando hubo interacción se analizó cada factor por independientemente.

También se han establecido relaciones lineales entre los diferentes parámetros fisiológicos para conocer si la respuesta varietal es diferente entre cultivares y entre regímenes hídricos.

La significación de los análisis de varianza (ANOVA) se determinó para los niveles de probabilidad  $p < 0,05$  (\*),  $p < 0,01$  (\*\*) y  $p < 0,001$  (\*\*\*). Siempre que se demostraban diferencias significativas se realizó la comparación de medias mediante el Test de Duncan para un nivel de significación de 0,05.

Se utilizó el programa MSTAT-C (versión 2.00; Michigan State University) para todos los análisis estadísticos.

## II.4 DESARROLLO VEGETATIVO

### II.4.1 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (LAI)

- **Fundamento**

El índice LAI (*Leaf Area Index*) representa la superficie foliar total de cepa por m<sup>2</sup> de suelo.

La determinación de la superficie total de la cepa se ha realizado con la toma de datos en dos fechas distintas, junio y agosto, en cinco cepas elegidas al azar por cada tratamiento del bloque 3.

El protocolo de medición es una modificación del descrito por Carbonneau (Carbonneau, 1976), realizado por Sánchez de Miguel et al. (2011).

Las ecuaciones del área son, según cada variedad, las siguientes:

MENCÍA	$A_{Mn} = 20,07 \times L - 69,71$	$(R^2 = 0,88; n = 50)$
PINOT NOIR	$A_{Pn} = 21,06 \times L - 69,26$	$(R^2 = 0,91; n = 50)$
TEMPRANILLO	$A_{Tp} = 20,306 \times L - 69,302$	$(R^2 = 0,93; n = 50)$

Donde:

A = área de una hoja, en cm<sup>2</sup>

L = longitud del nervio central, en cm.

- **Método**

Se seleccionaron cinco cepas de cada tratamiento. Se contaron los pámpanos que tenía y se escogieron cinco representativos de la planta. De cada pámpano elegido, se contaron el número de hojas en el pámpano principal y de los nietos, de manera independiente, con un tamaño mínimo de 3 cm de longitud. Con una regla, se midió la longitud del nervio central de la hoja mayor y de la hoja menor del eje principal (Figura II.5). Se realizó la misma operación en los nietos.



Mediante la aplicación de las ecuaciones anteriormente descritas, se determinó el área foliar del limbo y del pámpano (con el número medio de hojas/pámpano).



**Figura II.5.** Medida de la longitud de nervio central de la hoja para el cálculo del LAI.

El área foliar por cepa se calculó según la siguiente ecuación (Ec.3):

$$\begin{aligned} &\text{Área foliar de la hoja media}_{\text{cepa}} \text{ (m}^2\text{)} = \\ &(\text{Área foliar hoja media}_{\text{pámpano}}) \quad (\text{n}^{\circ} \text{hojas/pámpano}) \quad (\text{n}^{\circ} \text{pámpanos/cepa}) \quad \text{[Ec. 3]} \end{aligned}$$

Para medir el área foliar de la hoja media, se tienen en cuenta las hojas del pámpano principal así como las hojas pertenecientes a los nietos, siempre y cuando la longitud del nervio central supere 3,5 cm. El índice de área foliar (LAI) se determina finalmente refiriendo los metros cuadrados de área foliar de la planta a cada metro cuadrado de suelo.

## II.4.2 SUPERFICIE FOLIAR EXTERNA (SA)

- **Fundamento**

El índice SA (*Surface area*) representa la superficie foliar externa. Esta superficie representa entre el 85-95% del área foliar que es fotosintéticamente activa.

Se considera superficie foliar externa (SA) a los laterales y parte superior del paralelepípedo que forma la cubierta vegetal en conducción tipo espaldera. Se desprecia la parte inferior puesto que la radiación que refleja el suelo y que puede absorberse es mínima (Shaulis et al., 1966).

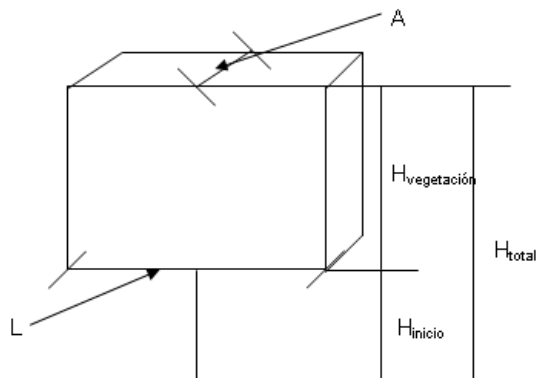
El índice SA representa la relación entre la superficie foliar externa de la cepa (m<sup>2</sup>) y la superficie de suelo (m<sup>2</sup>) que ocupa cada cepa.



**Figura II.6.** Medida de la superficie foliar externa (SA).

- **Método**

La superficie exterior se calculó asemejando las cepas a un paralelepípedo cuya altura y anchura varían (Figura II.7). Para ello se mide la altura de vegetación de cada cepa control y la profundidad de las mismas en cinco puntos distribuidos a lo largo del cordón y en tres alturas (parte inferior, mitad de la espaldera y parte superior).



**Figura II.7.** Esquema de la espaldera y las medidas realizadas para calcular la SA.

Los datos se tomaron en el mes de agosto, en las cinco cepas marcadas para cada cultivar y régimen hídrico en las que también se estudió la respuesta fisiológica.

Para medir la profundidad de la vegetación se utilizó una cinta métrica y para medir la altura se utilizó una cinta métrica metálica sujeta en una caña de unos 2 m de longitud.

Donde:

- A: anchura a la altura del primer alambre (cm)
- $H_{\text{inicio}}$ : altura al inicio de la vegetación (cm)
- $H_{\text{vegetación}}$ : altura del plano de vegetación (cm)
- $H_{\text{total}}$ : altura total de la cepa (cm)
- L: distancia entre cepas (cm), cuando la vegetación es continua.
- C: anchura de la calle (m)

Con estos datos se calculó la superficie foliar como la superficie externa de un paralelepípedo a partir de estas alturas y las anchuras de vegetación obtenidas para cada tratamiento y variedad (Ec. 4).

$$SA \text{ (m}^2\text{/cepa)} = (2H_{\text{vegetación}} \quad L + A \quad L) \text{ (cm/cepa)} \quad 10^{-4} \text{ (cm}^2\text{/m}^2) \quad [\text{Ec. 4}]$$

### II.4.3 PESO DE LA MADERA DE PODA

- **Fundamento**

El peso de la madera de poda se realizó para evaluar el desarrollo vegetativo de las cepas en los tres cultivares de estudio, tanto en riego óptimo como en deficitario.



**Figura II.8.** Detalle del dinamómetro y pesaje de la madera.

El peso de la madera de poda está muy relacionado con la superficie foliar de las cepas. Esto es así porque la longitud del pámpano está íntimamente relacionado con el número de hojas que éste tenga (Yuste, 1995).

- **Método**

Se pesaron el conjunto de las cepas de cada bloque anotando el número de las mismas y el número de sarmientos. Se determinó el peso medio de madera de poda por cepa dividiendo el peso del conjunto de las cepas entre el número de cepas y el peso medio del sarmiento dividiendo el peso de madera de poda por bloque entre el número de sarmientos contados.

Las cepas de fisiología del bloque III se pesaron individualmente para establecer relaciones agronómicas y ecofisiológicas. Su peso se tuvo en cuenta para calcular los datos medios en dicho bloque.

El peso se midió con un dinamómetro (Pesola ®) de 50 g de sensibilidad y 5 kg de pesada máxima (Figura II.8). Este parámetro se expresa en kg.

A partir de esta medición, se obtienen los kg de madera de poda/cepa, kg/sarmiento y kg madera de poda/m<sup>2</sup>.

## II.5. EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA FISIOLÓGICA

### II.5.1 MEDIDA DE FOTOSÍNTESIS ( $A_n$ ), CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA ( $g_s$ ) Y TRANSPIRACIÓN (E)

- **Fundamento**

Las medidas se realizaron empleando un sistema abierto de medida de intercambio de gases por infrarrojos (IRGA), modelo LI-400 (LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska, USA).

Este sistema se basa en la determinación de la variación de la concentración de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  en el aire que pasa a través de una hoja que está fotosintetizando. Conocida esta variación, el flujo de aire y la superficie de la hoja analizada, puede calcularse la tasa de asimilación neta de  $\text{CO}_2$  ( $A_n$ ) en  $\mu\text{mol de CO}_2/(\text{m}^2 \text{ s})$  y la tasa de transpiración (E) expresada en  $\text{mmol de H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}$ . El sistema consta de dos detectores de infrarrojos, que detectan las variaciones de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  a partir de medidas de absorbancia. A partir de estas medidas, se obtienen otros parámetros fotosintéticos como la conductancia estomática ( $g_s$ ), expresada como  $\text{mol de H}_2\text{O}/\text{m}^2 \text{ s}$ .

Para explicar las diferencias de comportamiento estomático se utilizó el índice de Ball-Berry (Ball et al., 1987) que explica la variación de la conductancia estomática teniendo en cuenta la fotosíntesis neta de la hoja, el  $\text{CO}_2$  y la humedad relativa (HR) a nivel de la superficie foliar (Ec. 6). Este modelo se considera para variaciones en la conductancia estomática cuando varios factores ambientales están cambiando a la vez y nos muestra una relación lineal entre  $g_s$  y  $A(\text{HR}/\text{CO}_2)$ .

$$g_s = A \quad (\text{HR}/\text{CO}_2) \quad [\text{Ec. 5}]$$

- **Método**

Las medidas se realizaron en los meses de junio y agosto. Se efectuaron tres medidas a lo largo del día: 9, 13 y 16 horas (UTC).

Se efectuó las medidas en las cepas para el estudio de fisiología (bloque III). Se seleccionaron hojas adultas, externas, sanas, expuestas al sol y de edad similar en cada día y hora de medida (Figura II.9). Estas medidas se llevaron a cabo en días totalmente despejados (condiciones de iluminación saturante), ya que los principales factores que afectan a la transpiración de las hojas son la iluminación y la temperatura.



**Figura II.9.** Selección de una hoja y medición con el IRGA.

Hasta las 13 horas se cogieron hojas de orientación Este de la espaldera y a partir de ésta, más avanzada la tarde, se cambió a la orientación Oeste.

## II.5.2 EVALUACIÓN DEL ESTADO HÍDRICO: POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR

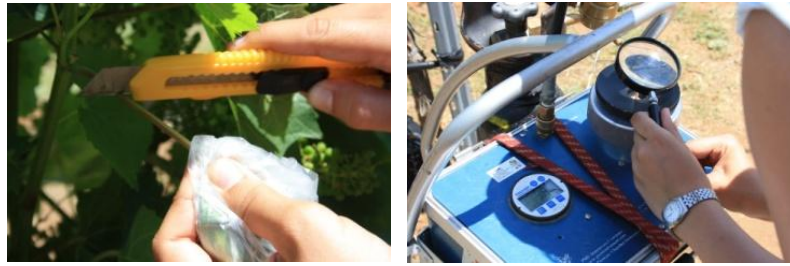
- **Fundamento**

El potencial hídrico, compuesto por los potenciales de presión, osmótico, matricial y gravitacional es un parámetro fisiológico que explica el balance entre flujos de absorción y de transpiración en el agua por medio de la energía necesaria para extraer al agua contenida en los tejidos foliares (Alburquerque, 1993).

El potencial hídrico corresponde desde el punto de vista energético, al trabajo que habrá que suministrar a una unidad de masa de agua “ligada” a los tejidos de una planta, para llevarla de este estado de unión a un estado de agua libre, correspondiente al del agua pura a la misma temperatura y a presión atmosférica. Como se adopta el valor cero para este potencial de referencia, todos los  $\Psi$  que caracterizan “el agua ligada” son negativos, puesto que sería necesario suministrar un trabajo para llevar esta agua a potencial hídrico igual a cero (Linares *et al.*, 2007).

- **Método**

Las mediciones del potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) se llevaron a cabo con una cámara de presión tipo Scholander. Esta medida se realizó inmediatamente después y en las mismas hojas en las que se midió el intercambio gaseoso.



**Figura II.10.** Corte de la hoja seleccionada previamente y medida del potencial hídrico foliar con cámara de presión Scholander.

Para llevar a cabo la medición, se mete el limbo de la hoja en una bolsa de plástico para protegerla de la excesiva transpiración a la que se someterá dentro de la cámara debido al calentamiento por presurización. A continuación, se corta el peciolo en bisel, con una cuchilla, para obtener una superficie lo más amplia y lisa posible que facilite la observación (Figura II.10). Rápidamente, se mete la hoja en la cámara dejando la menor cantidad de peciolo fuera. Con la muestra en el interior, se aplica presión lentamente, con una velocidad aproximada de  $0,02 \text{ MPa s}^{-1}$ .

La cámara dispone de una válvula para controlar la velocidad de paso del gas y de un manómetro registrador de presiones. Con la ayuda de una lupa observamos el peciolo y cuando la savia alcanza el extremo cortado, humedeciéndose, pero sin llegar a formar gotas, se hace la lectura en el manómetro digital que trae incorporado la cámara y se anota el dato en el estadillo. El tiempo total desde que se corta la hoja hasta completar la medida no debe exceder 60-90 segundos.

Cuando observamos el extremo del peciolo humedecido, en ese momento la savia se encuentra a la presión atmosférica, y la presión ejercida leída en el manómetro, representa la diferencia entre la tensión de retención de la savia en los vasos de la hoja y la presión atmosférica.

Para evitar una excesiva variabilidad y un desfase excesivo respecto a la hora central de medida, se realizaron los itinerarios de recogida de muestras con la mitad de repeticiones en un sentido y la otra mitad en sentido contrario.



## II.6. EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA AGRONÓMICA

### II.6.1 RENDIMIENTO Y DESCOMPOSICIÓN DEL RENDIMIENTO

- **Fundamento**

Por rendimiento entendemos la cosecha de uva obtenida. Para evaluar este parámetro se estudiaron los efectos que tuvieron los tratamientos, R y D, en el rendimiento y sus componentes para cada cultivar.

- **Método**

Una vez alcanzado el punto óptimo de maduración sacarimétrica de la uva (24 °Brix), se procedió a vendimiar de manera independiente cada cultivar y régimen hídrico. Se calculó la producción de uva en kg/m<sup>2</sup>.

Se contaron los sarmientos y racimos de cada parcela elemental, excluyendo las cepas borde y las adyacentes a marcos, así como en las cepas de control que se pesaron individualmente (un total de cinco, en el bloque III).



**Figura II.11.** Pesaje de la vendimia en cada parcela elemental.

Seguidamente, se cortaron los racimos por el punto de inserción con el sarmiento y se fueron introduciendo en cajas específicas de vendimia, previamente etiquetadas con cada cultivar, bloque y tratamiento (por ejemplo: Tp R4 – Tempranillo/ riego óptimo/ bloque cuatro). Estas cajas son fundamentales para albergar la uva puesto que son de plástico calado y resistente que permite el drenaje de mosto y facilitan su apilado sin que sufran aplastamiento los racimos (Figura II.11).



Previamente a la pesada, se taró la caja de vendimia. Se depositó la cosecha hasta alcanzar 20 kg por cada parcela elemental, que posteriormente se vinificó en el Centro Experimental de Enología de la E.U.I.T. Agrícola.

Para el pesaje se utilizó una báscula electrónica Gram ® PM-60, de 60 kg de pesada máxima y con una sensibilidad de 0,01 kg. Se emplearon cajas de vendimia, tijeras específicas de vendimia, etiquetas y estadillos.

## **II.7. EVOLUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL MOSTO**

A partir de envero (fase III de maduración de la baya) y hasta vendimia, se muestrearon semanalmente cien bayas al azar por tratamiento, cultivar y repetición. Dichas bayas se introdujeron en bolsas de plástico marcadas con un rotulador indeleble, se anudaron y se mantuvieron en una nevera portátil con hielo seco hasta su posterior análisis en el laboratorio.

Para conseguir muestras lo más representativas, se cogieron bayas de todas las partes del racimo (hombros, ápice y zona intermedia). No se cogió más de una baya por racimo y se realizó el muestreo por ambos lados de la espaldera (cincuenta bayas por el lado este y cincuenta por el oeste).

### **II.7.1 PESAJE DE LAS MUESTRAS**

Al llegar al laboratorio se pesó cada bolsa-muestra y, dividiendo entre las cien bayas que contiene, podemos conocer el peso medio de la baya. Después se introducen en una nevera, donde permanecerán hasta el momento de ser procesadas para su análisis.

### **II.7.2 OBTENCIÓN DE LA FASE LÍQUIDA DE LA MUESTRA**

A continuación, cada muestra se prensa con un pasapuré manual hasta que los hollejos estén totalmente separados de la pulpa. Con este utensilio, la muestra se somete a una presión constante y no se molturan las semillas.

A continuación, parte del líquido obtenido se vierte en tubos específicos para centrifugar. Se centrifuga a 3500 r.p.m. durante 4 minutos, al cabo de los cuales se recoge el sobrenadante en un vaso de precipitados de 50 mL. Sobre esta fracción se procederá a realizar el resto de las determinaciones analíticas (Figura II.12).



**Figura II.12.** De arriba abajo, de izquierda a derecha. Muestreo de bayas, triturado de la muestra, centrifugado y separación de las fases del mosto.

### II.7.3 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

- **Fundamento:**

El conocimiento del contenido de sólidos solubles totales (SST) en el mosto es una medida del grado de maduración de las bayas y por consiguiente, un buen indicador para predecir la fecha de vendimia y el grado alcohólico probable que tendrá el futuro vino. También es una herramienta para decidir el tipo de vino al que irá destinada esa partida.

Se utiliza un refractómetro para la determinación de los SST en mosto. Este sistema detecta el ángulo de desviación de la luz, y mediante éste calcula la concentración de azúcares en la muestra.

El índice refractométrico de los mostos se utiliza como medida de los SST ya que más del 90% de los SST corresponden a azúcares que darán alcohol tras la fermentación. El resto son ácidos orgánicos, sulfatos, potasio, polisacáridos, aminoácidos, etc.

El grado de refracción varía con la temperatura por lo que los métodos oficiales han estandarizado la medida a 20°C.

- **Método:**

Previa calibración del aparato con agua destilada, se dejan caer unas gotas de mosto y se procede a su lectura. Se limpia con papel y se vuelve a realizar la medición para asegurarnos que el dato es correcto. El resultado se expresa en °Brix indicando el % de sacarosa en mosto (g/100 mL o g/100g de mosto). Para conocer la equivalencia de los °Brix en grado alcohólico probable (°Al.) se utiliza una tabla que relaciona ambos parámetros. Se empleó un refractómetro Atago® modelo Pallete PR-32 (Figura II.13).



**Figura II.13.** De izquierda a derecha. Medidas del °Brix, pH y acidez total titulable.

## II.7.4 DETERMINACIÓN DEL pH

- **Fundamento:**

El pH es importante por sus efectos en la selección de los microorganismos que se van a desarrollar en el mosto. También influye en el color del vino: los antocianos son rojos a pH ácido y tienden a naranja-amarillento a medida que sube el pH. También influye en el potencial de oxidación-reducción del vino y en la relación entre sulfuroso libre y combinado.

- **Método:**

El pH se mide con un pH-metro. Previa calibración del aparato, se introduce el electrodo en el vaso de precipitados con la muestra, de modo que el electrodo quede inmerso en la misma. Se realiza la lectura cuando se estabiliza la medida. El pH-metro utilizado es de la marca Crison 2000 (Figura II.13).

## II.7.5 DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TOTAL TITULABLE

- **Fundamento:**

El conocimiento de la evolución de la acidez del mosto es necesario para conocer la marcha de la maduración y la necesidad de corregir el vino en caso de acidez baja.

- **Método:**

Se pipetea 10 mL de mosto y se introducen en un vaso de precipitados. Se añade agua destilada hasta alcanzar unos 50 mL de volumen.

La determinación de la acidez total se realizó mediante un valorador automático METROHM®, modelo 848 Titrino plus (Figura II.13). Este aparato realiza una valoración ácido-base, utilizando como reactivo valorante el hidróxido sódico (NaOH). Los ácidos del mosto son relativamente débiles (tartárico, málico, cítrico) y cuando son valorados con una base fuerte (NaOH) el verdadero punto final es superior a pH = 7,0, generalmente entre 7,8 y 8,3.

Se introduce el electrodo de un pH-metro en la muestra al tiempo que se valora con NaOH 0,1N hasta alcanzar pH = 8,2, punto para el cual todos los ácidos del mosto están completamente neutralizados.

La acidez total viene dada por la siguiente ecuación:

$$g_{\text{ác. tartárico}}/L = 0,75 \cdot V \quad [\text{Ec. 6}]$$

Siendo V el volumen de NaOH gastado en mL.

## II.8 VINIFICACIÓN

### II.8.1 MÉTODO DE VIFICACIÓN

Una vez finalizada la toma de datos del rendimiento de la cosecha y sus componentes, la uva fue trasladada al Centro Experimental de Enología de la E.U.I.T. Agrícola (UPM), donde tuvo lugar la microvinificación. Se realizó la vendimia de los tratamientos que alcanzaban 24 °Brix (criterio para final de la maduración), según el análisis de maduración realizado previamente.

En la campaña 2010 se realizaron vinificaciones de todos los tratamientos y repeticiones, para los tres cultivares tintos, resultando un total de 24 microvinificaciones.



**Figura II.14.** Detalle de un microdepósito de vinificación.

Las vinificaciones se llevaran a cabo siguiendo el método de micro-fermentación descrito por Sampaio et *al.* (2007). Así, el micro-deposito de fermentación consiste en un tarro de cristal de un galón de volumen (3,90 litros) con una tapa para uso alimentario agujereada en el centro, donde se introduce la válvula de fermentación termo sellando el orificio con silicona alimentaria. En el interior se introduce una membrana para uso alimentario, de polietileno de alta densidad, perforada de forma equidistante y homogénea para mantener en contacto hollejo y el mosto (Figura II.14).

### II.8.2 DESPALILLADO

La uva de cada tratamiento se despalilló utilizando una estrujadora-despalilladora eléctrica Enomundi ® (Figura II.15). De la mezcla de uva despalillada y mosto resultante, se introdujo 3,5 kg de pasta mosto-hollejo en cada micro-deposito, dejando de este modo espacio de cabeza para la emisión de dióxido de carbono originado en la fermentación.

Para evitar la oxidación y eliminar posibles microorganismos perjudiciales, se añadió anhídrido sulfuroso a razón de 50 mg/kg de pasta (valor recomendado para un estado óptimo de uva). Para ello, se pesaron los depósitos (previamente tarados) y se hizo una proporción directa. Utilizamos  $K_2S_2O_5$  (metabisulfito potásico) que tiene una riqueza del 50% en  $SO_2$ . Por lo tanto, para calcular los mg de  $K_2S_2O_5$  a añadir, procedimos al siguiente cálculo:

$$50 \text{ mg } SO_2/\text{kg mosto-pasta} \quad \text{kg mosto-pasta} \quad 100 K_2S_2O_5/50 SO_2 \quad [\text{Ec. 7}]$$

Ya calculado el  $K_2S_2O_5$ , éste se adicionó en un vaso de precipitados y se disolvió en un poco de mosto previamente. Se introdujo en el depósito y se homogeneizó agitándolo.

Tras iniciarse las primeras fermentaciones, y dada la temperatura ambiente a la que se encontraban los micro-depósitos (en torno a los 22°C), aumentó de manera considerable el volumen y se produjo el escape del mosto por la válvula.

Debido a este suceso, en las vinificaciones posteriores, el llenado de los microdepósitos se hizo respecto al volumen que ocupa la pasta; se llenó hasta alcanzar el 75% del volumen máximo (2,9 L).

### II.8.3 CRIOMACERACIÓN

Se introdujeron los microdepósitos en una cámara de frío. Se conservaron en criomaceración durante 24 horas a 6-7 °C (Figura II.15). Los compuestos aromáticos de la uva se localizan en la piel, y mediante la maceración en frío, se consigue una mejor fijación de los aromas de los hollejos en el mosto.



**Figura II.15.** Despalillado de los racimos y criomaceración del mosto en cámara frigorífica.

### II.8.4 INOCULACIÓN DE LEVADURAS

Seguidamente, se inocularon los mostos con levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae* var. Bayanus) (Figura II.16). Se utilizó la cepa Maurivin Elegance de Agrovin®, específica

para vinos tintos, con dosis de 25 g/hL. Como el volumen de mosto por cada microdepósito es de 2,9 L tenemos que aportar:

$$25 \text{ g/hL} \cdot 1 \text{ hL}/100 \text{ L} \cdot 2,9 \text{ L} = 0,725 \text{ g de levadura} \quad [\text{Ec. 8}]$$



**Figura II.16.** De arriba abajo, de izquierda a derecha. Pesaje de la levadura; inoculación de las levaduras ya activadas; inclusión de la membrana alimentaria; detalle de los microdepósitos con la membrana; microdepósito en proceso de fermentación alcohólica.

Para inocular la levadura seca inactiva, se adicionó la cantidad de 0,725 g a tubo FALCON® de 15 mL y se rehidrató con 4 mL de agua a una temperatura de 20 °C (Figura II.16), se agita y se espera otros quince minutos manteniéndolo a una temperatura entre 15-18 °C. Después se introduce la solución en el microdepósito correspondiente y se homogeniza suavemente.

Finalizado el proceso de siembra de la levadura y la homogenización de la misma, se introdujo la membrana alimentaria, la cual mantendrá el sombrero sumergido. Después, cada microdepósito se cerró con la tapa provista de la válvula, se selló con Parafilm “M” (Pechiney Plastic Packaging, Menasha WI USA) y se adicionó 3 ml de agua destilada en la válvula para producir el intercambio gaseoso entre la salida del CO<sub>2</sub> y la entrada de aire (Figura II.16). En caso de evaporación, se debe reponer a la misma cantidad.

## II.8.5 FERMENTACIÓN

El progreso de la fermentación fue seguido por medición diaria de la temperatura y densidad de cada microdepósito, a través de la abertura de la válvula de fermentación con ayuda de una pipeta aforada de 50 mL, densímetro y probeta.



### II.8.6 DESCUBE

Las fermentaciones se considerarán terminadas cuando la densidad se encuentra entre 0,990-0,998 g/cm<sup>3</sup>. Se alcanzan estos valores en doce días de fermentación, aunque puede ser en menos tiempo. Dicho proceso se controló mediante el pesado con una báscula de precisión diariamente, hasta que el peso se mantenga estable. Transcurrido el periodo de fermentación y, una vez comprobado el fin de la fermentación alcohólica, se procederá al descube y prensado de los vinos.



**Figura II.17.** Medida de la densidad, prensado de los hollejos y embotellado del vino previamente decantado.

El prensado consistió en un embudo Buchner de 2000 ml equipado con un kitasatos de 1500 ml, acoplado a una bomba de vacío (Figura II.17). La pasta, en varias veces, se vertió en el embudo, el cual se cubrió con una bolsa plástica de polipropileno para uso alimentario y se sometió a un prensado manual y vacío durante 2 minutos. Finalizado el prensado y descube de cada microdepósito, el vino obtenido se transfirió a microdepósitos limpios para favorecer una decantación previa al llenado de las botellas (por vasos comunicantes) de 0,75 L. Dichas botellas se sellaron con Parafilm.

### II.8.7 DECANTACIÓN, TRASIEGO Y ENCORCHADO

Las botellas se guardaron siete días en cámara frigorífica a 6 °C para la sedimentación de lías (levaduras muertas y otros sólidos que precipitan). Transcurrido este tiempo, se procedió a trasegar el vino (por vasos comunicantes) a botellas nuevas. Antes del encorchado, se adicionaron 60 mg/L de anhídrido sulfuroso a cada vino para prevenir la fermentación maloláctica de los vinos (Figura II.18).

Se llenaron botellas y varias muestras de viales para su posterior análisis químico. Seguidamente, las botellas se encorcharon utilizando corcho natural, una máquina encorchadora, y en su defecto, una manual.



**Figura II.18.** Decantación en frío, adición de sulfuroso en el vino y encorchado de las botellas.

Las botellas encorchadas se dispusieron horizontalmente, ordenadas por bloque y tratamiento, en una sala con condiciones de temperatura y humedad constantes, hasta el momento de ser analizadas sensorialmente.

## II.9 ANÁLISIS DE LAS VINIFICACIONES

### II.9.1 GRADO ALCOHÓLICO ADQUIRIDO

El grado alcohólico adquirido se determinó a través del método EBULLOSCÓPICO, que se basa en la variación del punto de ebullición que experimentan los líquidos hidroalcohólicos según su proporción de alcohol.

- **Fundamento:**

En condiciones normales ( $760 \text{ mm Hg/cm}^2$ ) el punto de ebullición de agua es  $100^\circ\text{C}$  y el del alcohol  $78,5^\circ\text{C}$ . Una mezcla hidroalcohólica hervirá a una temperatura comprendida entre estas dos, siendo más baja cuanto mayor sea el contenido en alcohol de la misma.

- **Procedimiento:**

Se utilizó un ebulómetro Barus®, que está formado por una caldera metálica, un refrigerante, un termómetro, un mechero de alcohol y una regla deslizante (Figura II.19).

Primero se determina el punto de ebullición del agua. Para ello se introduce en la caldera  $15,4 \text{ cm}^3$  de agua, se ajusta el termómetro y se enciende el mechero. La temperatura de ebullición del agua se leerá cuando la columna de mercurio del termómetro se estabilice en su subida.

En la regla deslizante se hace coincidir la temperatura de ebullición de agua obtenida con el cero del grado alcohólico y se fija la escala para las determinaciones en los vinos mientras se mantenga la presión atmosférica.

Se vacía la caldera, se lava con algunas porciones del vino a analizar, y se pone en ella unos  $50 \text{ cm}^3$  de vino. Se procede como antes, pero trabajando ahora con el refrigerante lleno de agua. Cuando se estabiliza la temperatura del termómetro se lee esta y se busca en la escala el grado alcohólico del vino que corresponde a esa temperatura.

### II.9.2 pH

La estabilidad de un vino, la fermentación maloláctica, el sabor ácido, el color, el potencial redox y la relación de dióxido de azufre libre y total están estrechamente relacionados con el pH del vino.

La determinación del pH en vino se realizó de la misma forma que en mostos, en el seguimiento de la maduración. En un vaso de precipitados de 50 ml se vertió vino y se procedió a medir.

### II.9.3 ACIDEZ TOTAL

La acidez total de un vino es más baja que la del mosto del que procede, ya que el ácido tartárico precipita en forma de bitartrato de potasio y tartrato de calcio. Esta precipitación es provocada por la disminución de la solubilidad al aumentar el porcentaje de alcohol y disminuir la temperatura (estabilización por frío).

La determinación de la acidez total del vino se realizó siguiendo el mismo procedimiento que en mostos para el seguimiento de la maduración.

Es necesario, antes de proceder al análisis, eliminar el CO<sub>2</sub> y el SO<sub>2</sub>. Para ello se pusieron 100 ml de vino en un Kitasato y se aplicó vacío con una bomba durante 2-3 minutos mientras se agitaba manualmente.

### II.9.4 ACIDEZ VOLÁTIL

- **Fundamento**

La acidez volátil es el conjunto de ácidos grasos de la serie acética que se hallan en el vino, libres o combinados, formando sales. El más importante es el ácido acético. El olor desagradable a “picado” de algunos vinos es debido principalmente al ácido acético y al acetato de etilo.

- **Procedimiento**

La acidez volátil se determinó a través del método CAZENAVE. Se realizaron los siguientes pasos:

- 1- **Eliminación de CO<sub>2</sub>:** utilizando el procedimiento descrito anteriormente.
- 2- **Destilación:** se trata de una destilación por arrastre de vapor. En el matraz generador de vapor se ponen unos 500 ml de agua. En el bulbo de destilación se colocan 10 ml de vino desprovisto de CO<sub>2</sub> con 0,2 g de ácido tartárico (cristales). Calentar manteniendo la llave de la tubuladura lateral abierta hasta que comience a salir vapor

de agua, con el fin de eliminar el CO<sub>2</sub> del agua del generador. Se cierra dicha llave y se comienza la destilación, la cual continúa hasta recoger unos 100 ml de destilado (Figura II.19).

- 3- Valoración:** el destilado y las aguas de lavado se pasan a un Erlenmeyer y se valora con NaOH (0,1N) de factor conocido, en presencia de fenolftaleína. A continuación se acidula con 1 mL de CNH (3N) y se valora con Yodo N/50 de factor conocido, en presencia de almidón; de esta forma hemos valorado el SO<sub>2</sub> libre presente en el destilado. Seguidamente se adiciona CO<sub>3</sub>HNa hasta decoloración y ligera sobresaturación, volviéndose a valorar con Yodo N/50 hasta viraje azul; en esta última valoración se determina el SO<sub>2</sub> combinado presente en el destilado.

**4- Cálculos:**

$$[V \cdot f - 1/5(V1 + V2/2)f1] \cdot 0,6 = g/L \text{ (expresado en g de ácido acético) [Ec. 9]}$$

V = Volumen de Sosa

V1 = volumen de yodo consumido en la valoración de SO<sub>2</sub> libre

V2 = volumen de yodo consumido en la valoración de SO<sub>2</sub> combinado

f = Factor de la disolución de NaOH 0,1 N

f1 = factor de la disolución de yodo N/50

## II.9.5 AZÚCARES RESIDUALES

- **Fundamento**

Los azúcares predominantes en la uva, y por consiguiente del vino, son la glucosa y la fructosa. También se pueden encontrar en el vino otros azúcares, pero de forma minoritaria como pentosas, galactosa, sacarosa, etc.

La concentración de azúcares residuales en vino se calculó por el método REBELEIN. Este método de análisis es rápido, sencillo y da la precisión suficiente para el fin que se persigue, que es complemento al control microbiano del vino.

- **Procedimiento**

Los vinos tintos es necesario defecarlos previamente. Para ello, en un matraz aforado de 50 mL de volumen ponemos 20 mL de vino tinto que se neutraliza con 10 mL de sosa 0,1 N y 0,5 a 1 g de CaCO<sub>3</sub> en polvo.

Añadimos 1 mL de solución saturada de Subacetato de plomo. Homogeneizamos, enrasamos y filtramos. Se pusieron 10 mL de filtrado en un matraz aforado de 50 mL y añadimos 20 mL de solución saturada de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Homogeneizamos, enrasamos y filtramos.

Para efectuar el análisis se llevan dos mediciones paralelas: una con el vino a analizar y otra con un blanco (sustituyendo el vino por agua destilada)

Paso 1: Poner en un Erlenmeyer 10ml de solución de cobre, 5ml de solución de sal de Seignette y 2 mL del vino a analizar. En otro Erlenmeyer (ensayo en blanco) se ponen las mismas cantidades de los reactivos y 2 mL de agua destilada. Se hierve durante dos minutos con unas perlas de vidrio y se refrigera al chorro de agua (Figura II.19).

Paso 2: Añadir sucesivamente, agitando cada vez, a la muestra y al ensayo en blanco:

10 mL de solución de yoduro potásico, 10 mL de ácido sulfúrico de 16% y 10ml de indicador de almidón.

Paso 3: Valorar con la disolución de tiosulfato sódico, hasta el viraje final color amarillo marfil.

Paso 4: El contenido en azúcares expresado en g/L de la muestra a analizar, resulta de restar, el gasto de tiosulfato en la valoración de la muestra del gasto en el ensayo en blanco.

## II.9.6 DIÓXIDO DE AZUFRE. SULFUROSO LIBRE Y TOTAL

El SO<sub>2</sub> es el principal conservador de vinos y mostos, debido a sus propiedades antisépticas sobre levaduras y bacterias. El SO<sub>2</sub> presente en el vino procede del “sulfitado” del mismo, y está en parte como gas (SO<sub>2</sub>), bisulfito (HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y sulfito (SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) constituyendo el SO<sub>2</sub> libre y el SO<sub>2</sub> combinado. La suma de ambos nos da el total.

Para hacer estas determinaciones se utilizó el método rápido de RIPPER:

1. **Determinación del SO<sub>2</sub> libre:** Se toman 10 mL de vino y se pasan a un Erlenmeyer. Se adiciona 5 ml de SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> al 1/3 y 1 mL de almidón. Seguidamente se valora con yodo N/50 hasta aparición de color azul y mediante la ecuación 13 calculamos el SO<sub>2</sub> libre (Figura II.19).

$$V \cdot f \cdot 64 = \text{mg/L de SO}_2 \text{ libre} \quad [\text{Ec. 10}]$$

2. **Determinación del SO<sub>2</sub> total:** Se Toman 10 mL de vino y pasan a un Erlenmeyer. Se adiciona 10 mL de NaOH, 1N. Tapar y dejar 15 minutos en reposo. Seguidamente

acidular con 5mL de  $\text{SO}_4\text{H}_2$  al 1/3 y añadir 1 mL de almidón. A continuación se valora con yodo N/50 de factor conocido hasta viraje del almidón. Con la ecuación 14 calculamos el  $\text{SO}_2$  total.

$$V \cdot f \cdot 64 = \text{mg/L de SO}_2 \text{ Total} \quad [\text{Ec. 11}]$$

3. Determinación del factor de una disolución de yodo N/50: Se pone en un Erlenmeyer 10 mL de arsenito sódico n/50, adicionar 1mL de almidón y valorar con la disolución de yodo cuyo factor se quiere determinar, hasta viraje del almidón.

$$F=10/v \quad [\text{Ec. 12}]$$

Siendo “v” el volumen de yodo consumido.

## II.9.7 CONCENTRACIÓN DE POTASIO

Para la determinación del potasio ( $\text{K}^+$ ) se utilizó el método del FOTÓMETRO DE LLAMA.

- **Fundamento**

El potasio se determina por medio de un fotómetro de llama con el que se mide la intensidad de las radiaciones emitidas por dicho elemento en la llama de un mechero, que contiene el nebulizado del vino diluido previamente 1/20.

- **Procedimiento**

Es preciso construirse una curva de calibrado, para ello hay que preparar distintas disoluciones patrón de potasio de concentraciones 2, 10, 30, 40, 50, 60, 80, 100 mg/L.

Se prepara una solución de referencia y una solución de dilución según el protocolo. La solución de referencia contiene 100 mg/L de potasio. A partir de ella se preparan las soluciones patrones citadas anteriormente utilizando como disolvente la solución de dilución.



**Figura II.19.** De arriba abajo, de izquierda a derecha. Método ebullométrico-BARUS, acidez volátil, azúcares residuales, sulfuroso libre y total, fotómetro de llama y espectrofotómetro.

La escala del fotómetro nos mide intensidades de emisión relativas desde 0 a 100. El 0 se ajusta con la solución de dilución y el 100 con la solución de mayor concentración, que en este caso es la solución de referencia (100 mg/L). El resto de las soluciones patrones nos darán intensidades de emisión comprendidas entre 0 y 100. Con los datos obtenidos se construye una gráfica: en el eje de abscisas figuran concentraciones en mg/L y en el eje de ordenadas intensidades de emisión. Esta gráfica nos permitirá calcular el contenido en potasio del vino teniendo en cuenta el factor de dilución.

## II.9.8 MEDIDAS DEL COLOR DEL VINO

- **Fundamento**

La intensidad del vino se expresa como la suma de las absorbancias del vino en una cubeta de 1 cm de espesor para las radiaciones de longitud de onda 420 y 520 nm a las que se corresponde un mínimo y un máximo respectivamente en la curva de absorbancias del vino tinto en función de la longitud de onda.

La tonalidad o matiz se expresa mediante el ángulo que forma con el eje de longitudes de onda, la cuerda que une los puntos de la curva espectrofotométrica correspondiente a las absorbancias a 420 y 520 nm.



- **Procedimiento**

Si el vino no está limpio, se debe centrifugar a 3000 r.p.m. durante 10 minutos. No se debe diluir nunca puesto que modifica el equilibrio entre los componentes coloreados del vino.

Se miden directamente en el espectrofotómetro las absorbancias del vino a las dos longitudes de onda siguientes: 420 y 520. Según la intensidad colorante del vino se emplean cubetas de un espesor conveniente “b”. Como líquido de referencia suele utilizarse agua destilada en una cubeta de igual espesor.

$$IC = (A_{520} + A_{420}) 1/b \quad [\text{Ec. 13}]$$

Siendo “b” el espesor de la cubeta expresado en cm.

La tonalidad se expresa como el ángulo formado por la cuerda que une los puntos de la curva espectrofotométrica correspondiente a las absorbancias  $A_{420}$  y  $A_{520}$  y la dirección positiva del eje de longitudes de onda considerada como abscisas. La tangente de este ángulo es igual:

$$TC = (A_{520} - A_{420}) 1/b \quad [\text{Ec. 14}]$$

Se encuentra este ángulo en la tabla de líneas trigonométricas expresadas en grados sexagesimales.

Se utilizó un espectrofotómetro de la marca P SELECTA, modelo SPECTROPHOTOMETER UV-2005 (Figura II.19).

## **CAPÍTULO III.**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### III.1. RESPUESTA AGRONÓMICA

##### III.1.1. DESARROLLO VEGETATIVO

##### III.1.1.1. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR Y SUPERFICIE FOLIAR EXTERNA

El desarrollo óptimo de la fotosíntesis es lo que contribuye a la riqueza en azúcares del mosto. Para ello, es crucial conseguir una superficie foliar suficientemente expuesta que esté exenta de enfermedades criptogámicas. Además, es muy importante que la parada del crecimiento de los pámpanos sea correcta para favorecer la reserva de azúcares en las bayas.

Para conocer la superficie vegetativa de la que dispone la cepa evaluamos el LAI (Índice de área foliar). Este índice relaciona la masa vegetativa de la planta ( $m^2$ ) y la superficie de suelo que ocupa ( $m^2$ ).

En los datos obtenidos en el mes de junio (Tabla III.1) observamos que el cultivar con mayor LAI es Tempranillo, seguido de Pinot noir y Mencía. Se aprecia una alta significación entre cultivares para el LAI del pámpano principal así como en el LAI total. Además, se produce interacción entre los dos factores (cultivar y régimen hídrico) en dos de los tres parámetros estudiados (LAI principal y LAI).

**Tabla III.1** Valores del LAI en junio 2010

		LAI principal ( $m^2/m^2$ )		LAI nietos ( $m^2/m^2$ )		LAI ( $m^2/m^2$ )	
			Sig.		Sig.		Sig.
Mn	R	0,74	B	0,37	ab	1,12	--
	D	0,51	b	0,20		0,71	b
Pn	R	0,96	B	0,27	b	1,24	--
	D	0,75	a	0,12		0,86	b
Tp	R	1,03	A	0,32	a	1,35	--
	D	1,13	a	0,38		1,51	a
Mn		0,63	***	0,29	*	0,92	ns
Pn		0,85		0,20		1,05	
Tp		1,08		0,35		1,43	
R		0,94	*	0,34	ns (p=0,052)	1,29	*
D		0,76		0,21		0,97	
CV × RH		0,85	***	0,28	ns	1,13	*

Mn: Mencía; Pn: Pinot noir; Tp: Tempranillo; R: riego óptimo; D: riego deficitario; CV: cultivar; RH: régimen hídrico; Sig.: significación estadística; ns: no significativo; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$ ; LAI: Índice de área foliar.

Los datos del riego óptimo son superiores a los del tratamiento deficitario. Hay que destacar que el aumento de riego implica mayor desarrollo vegetativo en Mencía y Pinot noir, con

incrementos del 45% y del 28% respectivamente. Aún así, los valores se encuentran muy por debajo del dato medio ( $3 \text{ m}^2/\text{m}^2$ ).

Para el mes de agosto, se aprecian elevadas diferencias significativas en el LAI del pámpano principal y, en menor medida, en el LAI total (Tabla III.2.). Es Tempranillo la que posee mayor valor en estos los parámetros, seguido de Pinot noir y Mencía.

La SA representa la superficie foliar expuesta a la radiación solar y susceptible de captar mayor iluminación, lo que se traduce en una mayor síntesis de fotoasimilados para la planta. Desde este punto de vista, es muy relevante valorarlo puesto que tiene relación directa con la maduración de la uva y la acumulación de reservas (Schneider, 1985; Carbonneau y Ollat, 1991).

En los valores de SA, el análisis estadístico demuestra que existen diferencias altamente significativas entre cultivares así como entre regímenes hídricos (Tabla III.2.). Smart y Robinson (1991) indican que valores por debajo de  $2,1 \text{ m}^2/\text{m}^2$  interceptan la luz de manera insuficiente. Los valores que obtenemos se encuentran muy por debajo del óptimo por lo que se recomienda aumentar la densidad de plantación o aumentar la altura de vegetación.

**Tabla III.2.** Valores del LAI y SA, en agosto 2010.

		LAI principal ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ )	Sig.	LAI nietos ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ )	Sig.	LAI ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ )	Sig.	SA ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ )	Sig.
Mn	R	1,22	b	0,82	--	2,03	a	1,13	b
	D	0,88		0,46		1,34		0,91	
Pn	R	1,52	a	0,73	--	2,52	ab	1,27	a
	D	1,45		0,64		2,09		1,10	
Tp	R	1,77	a	0,68	--	2,45	a	1,38	a
	D	1,69		0,75		2,44		1,27	
Mn		1,05	***	0,64	ns	1,69	*	1,02	***
Pn		1,48		0,69		2,30		1,18	
Tp		1,73		0,72		2,45		1,32	
R		1,50	ns	0,75	ns	2,33	ns	1,26	***
D		1,34		0,62		1,95		1,09	
CV $\times$ RH			ns		ns		ns		ns

Mn: Mencía; Pn: Pinot noir; Tp: Tempranillo; R: riego óptimo; D: riego deficitario; CV: cultivar; RH: régimen hídrico; Sig.: significación estadística; ns: no significativo; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$ ; LAI: Índice de área foliar; SA: superficie foliar externa.

Por otro lado, la relación del LAI con la SA nos da el grado de amontonamiento de la vegetación o porosidad e, indirectamente, el microclima de la zona de racimos. Smart (1985), indica que, para la relación LAI/SA, el valor óptimo se encuentra en torno a 1,5.

En cualquier caso, los valores para los tres cultivares están cercanos a dicho valor y son menores que 2, punto en el que existe riesgo de amontonamiento de la masa vegetativa y predisposición a la Botrytis (Tabla III.3.). Este máximo de 2 se considera para una vegetación conducida en espaldera, como es el caso de este estudio.

El cociente entre SA y kg de uva relaciona la cantidad de superficie vegetativa necesaria para poder madurar un kilogramo de cosecha. El valor óptimo es 1 m<sup>2</sup> de SA/kg de uva y para el secano 1,5 m<sup>2</sup>/kg uva. El único que está cercano es Pinot noir, tanto en riego óptimo como deficitario, seguido de Mencía y por último Tempranillo. Significa que es el cultivar más eficiente.

Una buena formación de compuestos fenólicos depende de una elevada relación área foliar/peso de frutos y una alta proporción de azúcar; así aquellas condiciones que favorecen la acumulación de azúcares, como el calor, la luminosidad, o, mejorarán la síntesis de compuestos fenólicos (Pirie y Mullins, 1980; Roson et al., 1988).

**Tabla III.3.** Relación entre el LAI, SA y kg de uva, campaña 2010.

		LAI/SA	SA/kg uva
Mn	R	1,80	0,84
	D	1,47	0,87
Pn	R	1,98	1,18
	D	1,89	1,07
Tp	R	1,77	0,69
	D	1,92	0,78
Mn		1,64	0,86
Pn		1,94	1,13
Tp		1,85	0,74
R		1,85	0,90
D		1,76	0,91

Mn: Mencía; Pn: Pinot noir; Tp: Tempranillo; R: riego óptimo; D: riego deficitario; CV: cultivar; RH: régimen hídrico; LAI: Índice de área foliar; SA: superficie foliar externa.

Como conclusión, indicar que el cultivar con mayor LAI, tanto en junio como en agosto, como LAI/SA y SA fue Tempranillo. Sin embargo no es el más eficiente puesto que tiene un elevado rendimiento y, por consiguiente, menor SA/kg de uva.

Debemos conseguir una elevada insolación de las hojas, lo cual permite maximizar la producción fotosintética de azúcares y la biosíntesis de otros metabolitos secundarios como los antocianos. El contenido de antocianos puede duplicarse en racimos completamente insolados con respecto a los racimos que están sombreados (Morata, 2004). Además, se ha observado que el aumento del color en los mismos se ve potenciado por una mejora en las

condiciones de luminosidad (Iland, 1984). La iluminación, tanto de las bayas como de las hojas, favorece la biosíntesis de los compuestos antocianicos.

Así mismo, Smart et al. (1988) indican que para una densidad elevada de vegetación, la zona de racimos se encuentra más sombreada y el microclima que se consigue, con menores temperaturas, favorece una mayor concentración de antocianinas en el mosto.

Por último, indicar que según Williams y Ayers (2005), el coeficiente de cultivo está relacionado con el LAI y la sombra que proyecta que la planta. Comparando los datos de LAI obtenidos en junio y agosto con el Kc que proponen los autores, éste se corresponde con el coeficiente de riego (Kr) que aplicamos para el cálculo de las necesidades de agua semanales de la planta.

### III.1.1.2. PESO DE LA MADERA DE PODA

En el análisis estadístico manifiesta que existen diferencias significativas entre cultivares y régimen hídrico tanto en el peso de madera de poda (PMP) y como en el peso del sarmiento.

**Tabla III.4.** Peso de madera de poda, campaña 2010.

		PMP (kg/m <sup>2</sup> )	Sig.	Peso sarmiento (g)	Sig.	ΔD/R
Mn	R	0,165	b	27,75	b	100%
	D	0,160		28,25		
Pn	R	0,160	b	37,25	b	88%
	D	0,190		32,50		
Tp	R	0,365	a	60,00	a	80%
	D	0,300		47,50		
Mn		0,165	**	28,00	**	
Pn		0,175		34,87		
Tp		0,333		53,75		
R		0,230	*	41,66	*	
D		0,210		36,08		
CV × RH			ns		ns	

Mn: Mencía; Pn: Pinot noir; Tp: Tempranillo; R: riego óptimo; D: riego deficitario; CV: cultivar; RH: régimen hídrico; Sig.: significación estadística; ns: no significativo; \*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001; PMP: peso de madera de poda.

El peso medio del sarmiento es un buen indicador del vigor de la cepa. Experiencias previas en la misma parcela de ensayo y campañas anteriores, demuestran que el rango de 40-50 g por sarmiento son valores óptimos. Los datos de Mencía y Pinot noir se encuentran por debajo de

las recomendaciones pero en el caso de Tempranillo está cerca del límite e incluso lo supera con 60 g/sarmiento en el tratamiento de riego óptimo.

El peso de madera de poda debe encontrarse entre 240 y 300 g/m<sup>2</sup>. Como en el caso anterior, Mencía y Pinot noir se hallan por debajo de esos valores pero Tempranillo los sobrepasa.

Tempranillo tiene los valores más altos de LAI, SA, peso de madera de poda y peso del sarmiento. Se puede decir que para las condiciones de la campaña 2010 tiene un exceso de vigor a pesar de que está injertado sobre el patrón 41B (vigor medio). Si quisiéramos compensar este exceso de desarrollo vegetativo podríamos intensificar el cultivo dejando más carga en el momento de la poda de invierno o aumentando la densidad de plantación.

### III.1.2. RESPUESTA FISIOLÓGICA

#### III.1.2.1. POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR ( $\Psi_f$ )

Se analizó el potencial hídrico foliar como parte del seguimiento de fisiología en el bloque III. Para ello, se realizaron las medidas a las 9, 13 y 16 horas UTC y así evaluaremos la respuesta de la planta a lo largo del día. Estas medidas son totalmente independientes de las que se han realizado semanalmente para conocer el estado hídrico de la planta en la programación el riego.

El análisis estadístico de estos datos se ha realizado mediante un diseño de bloques completamente al azar. Además, se realizó la separación de medias cuando las diferencias eran significativas, mediante el Test de Duncan a partir de una probabilidad de 0,05.

La comparación de los resultados se ha basado en las diferencias que puedan darse al realizar las tres medidas. No contrastamos los regímenes hídricos porque las medidas para cada tratamiento de riego se realizaron en días separados por problemas de logística.

Los datos para el mes de junio señalan que en ambos tratamientos de riego (óptimo y deficitario) los valores de potencial hídrico foliar fueron similares. Esto se debe a que las plantas no estaban estresadas. Cabe destacar que a las 13h sí que hay diferencias en ambos tratamientos ya que es la hora donde más actividad fotosintética se produce. También debemos tener en cuenta que para el tratamiento D, a las 16h hay sí hay diferencias. A esa hora es cuando la planta ha consumido gran parte del agua que tenía disponible y se encuentra en las condiciones más desfavorables (Tabla III.5).

**Tabla III.5.** Potencial hídrico foliar en las tres horas del día, junio 2010.

	9 horas (MPa)		13 horas (MPa)		16 horas (MPa)	
RH	R	D	R	D	R	D
Mencía	-0,52	-0,59	-0,59 b	-0,58 a	-0,47	-0,45 a
Pinot noir	-0,57	-0,52	-0,56 a	-0,54 a	-0,55	-0,51 a
Tempranillo	-0,58	-0,69	-0,68 c	-0,69 b	-0,57	-0,62 b
Sig.	ns	ns	*	*	ns	*

RH: Régimen hídrico; R: riego óptimo; D: riego deficitario; Sig.: significación estadística; ns: no significativo; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$ .



En los datos registrados en el mes de agosto, cuando hay diferencias significativas, Tempranillo es el cultivar que tiene el potencial hídrico foliar más bajo de los tres. Esto es debido a que presenta un mayor desarrollo foliar comparado con los datos de Mencía y Pinot noir para una misma disponibilidad hídrica, dentro de cada tratamiento de riego (apartado III.1.1).

Comparando resultados, Tempranillo demanda mayor reserva de agua que Mencía y Pinot noir para mantener el mismo estado hídrico.

Podemos observar que hasta medio día las diferencias entre los tres cultivares son más acusadas que por la tarde (Tabla III.6). Se percibe que hay diferencias significativas a las 9 y 13 horas, que pasan a no serlo por la tarde en el riego óptimo. Análogamente sucede en el riego deficitario, donde pasa de haber diferencias significativas al 1‰ a primera hora de la mañana a unas diferencias del 5% a las 16 horas.

**Tabla III.6.** Potencial hídrico foliar en las tres horas del día, agosto 2010.

	<b>9 horas</b> (MPa)		<b>13 horas</b> (MPa)		<b>16 horas</b> (MPa)	
<b>RH</b>	<b>R</b>	<b>D</b>	<b>R</b>	<b>D</b>	<b>R</b>	<b>D</b>
Mencía	-0,59 b	-1,17 b	-0,93 b	-1,25 b	-0,99	-1,20 b
Pinot noir	-0,77 a	-1,04 c	-0,91 b	-1,13 b	-1,04	-1,33 ab
Tempranillo	-0,71 ab	-1,55 a	-1,06 a	-1,40 a	-1,07	-1,45 a
Sig.	*	***	*	**	ns	*

RH: régimen hídrico; R: riego óptimo; D: riego deficitario; Sig.: significación estadística; ns: no significativo; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$ .

Basándonos en estos datos, si queremos encontrar diferencias entre los tres cultivares, es más representativo medir el potencial hídrico foliar a primera hora de la mañana. A esta hora, las condiciones son menos desfavorables y nos permite evaluar las diferencias entre cultivares.

### III.1.2.2. CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA E ÍNDICE DE BALL-BERRY

Dado que la respuesta estomática (fotosíntesis,  $A_n$ ) es muy dependiente de las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, DPV, etc.). Ball et al. (1987) establecieron un índice que relaciona el funcionamiento del estoma (conductancia estomática,  $g_s$ ) teniendo en cuenta la fotosíntesis neta de la hoja, el  $CO_2$  y la humedad relativa (HR) a nivel de la superficie foliar. A esta relación llegaron tras un análisis de todos los factores que influían y

escogieron vincular estos parámetros porque eran los que representaban mayor significación estadística.

Teniendo en cuenta los análisis estadísticos, observamos que la respuesta estomática depende del régimen hídrico no presentándose diferencias significativas entre los cultivares para el riego óptimo (Tabla III.7). Estos datos se corresponden con la figura III.1. En esta gráfica no existen diferencias significativas en el término independiente ni en la pendiente de las rectas, por lo que se comportan como una sola recta ( $y = 11,50x + 0,0006$  y  $R^2 = 0,5873$ ).

**Tabla III.7.** Diferencias entre cultivares (Mencía, Pinot noir y Tempranillo) en el tratamiento de riego óptimo en el conjunto de los meses de junio y agosto. Campaña 2010.

Cultivar	RH	Ecuación	R <sup>2</sup>
Mencía	R	$y = 10,90x - 0,0040$	0,5740
Pinot noir	R	$y = 10,43x + 0,0350$	0,4443
Tempranillo	R	$y = 12,12x + 0,0049$	0,7281
Sig.	Término independiente	ns	
	Pendiente	ns	

RH: régimen hídrico; R: riego óptimo; Sig.: significación estadística; ns: no significativo; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$ ; R<sup>2</sup>: coeficiente de correlación.

Sin embargo, sí que existen altas diferencias significativas en el término independiente para la relación entre cultivares dentro del régimen deficitario (Tabla III.8, Figura III.2)

**Tabla III.8.** Diferencias entre cultivares (Mencía, Pinot noir y Tempranillo) en el tratamiento de riego deficitario en el conjunto de los meses de junio y agosto. Campaña 2010.

Cultivar	RH	Ecuación	R <sup>2</sup>
Mencía	D	$y = 15,33x - 0,0544$	0,8932
Pinot noir	D	$y = 19,38x - 0,0630$	0,8368
Tempranillo	D	$y = 16,10x - 0,047$	0,9376
Sig.	Término independiente	***	
	Pendiente	ns	

RH: régimen hídrico; D: riego deficitario; Sig.: significación estadística; ns: no significativo; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$ ; R<sup>2</sup>: coeficiente de correlación.

Para un mismo cultivar, la respuesta estomática difiere entre los tratamientos de riego óptimo y deficitario (Tablas III.9-III.11, Figuras III.3-III.5).

**Tabla III.9.** Diferencias entre regímenes hídricos de Mencía en el conjunto de los meses de junio y agosto. Campaña 2010.

Cultivar	RH	Ecuación	R <sup>2</sup>
Mencía	R	$y = 10,89x - 0,004$	0,5739
Mencia	D	$y = 15,33x - 0,054$	0,8932
Sig.	Término independiente	**	
	Pendiente	*	

RH: régimen hídrico; R: riego óptimo; D: riego deficitario; Sig.: significación estadística; ns: no significativo; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$ ; R<sup>2</sup>: coeficiente de correlación.

**Tabla III.10.** Diferencias entre regímenes hídricos de Pinot noir en el conjunto de los meses de junio y agosto. Campaña 2010.

Cultivar	RH	Ecuación	R <sup>2</sup>
Pinot noir	R	$y = 10,43x + 0,0346$	0,4443
Pinot noir	D	$y = 19,38x - 0,0630$	0,8368
Sig.	Término independiente	***	
	Pendiente	**	

RH: régimen hídrico; R: riego óptimo; D: riego deficitario; Sig.: significación estadística; ns: no significativo; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$ ; R<sup>2</sup>: coeficiente de correlación.

Los cultivares se diferencian entre sí cuando la disponibilidad hídrica es menor. En las gráficas en las que se comparan cada cultivar con los dos regímenes hídricos, se observan diferencias significativas en el término independiente y en la pendiente de la recta (Tablas III.9-III.11).

**Tabla III.11.** Diferencias entre regímenes hídricos de Tempranillo en el conjunto de los meses de junio y agosto. Campaña 2010.

Cultivar	RH	Ecuación	R <sup>2</sup>
Tempranillo	R	$y = 12,11x + 0,0346$	0,7281
Tempranillo	D	$y = 16,10x - 0,0476$	0,9376
Sig.	Término independiente	*	
	Pendiente	*	

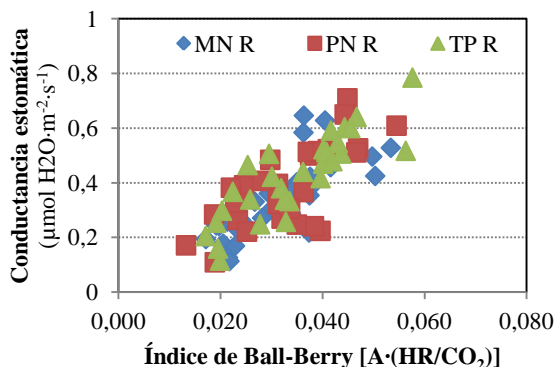
RH: régimen hídrico; R: riego óptimo; D: riego deficitario; Sig.: significación estadística; ns: no significativo; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$ ; R<sup>2</sup>: coeficiente de correlación.

Por último señalar que, en la comparación de los regímenes hídricos en el conjunto de los tres cultivares, se aprecian altas diferencias significativas en el término independiente y la pendiente.

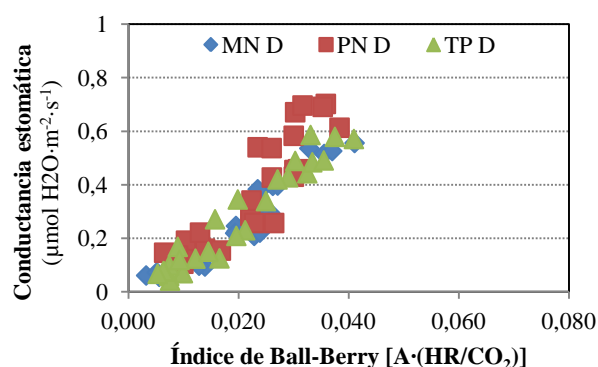
**Tabla III.12.** Diferencias entre riego óptimo y deficitario para el conjunto de los tres cultivares (Mencia, Pinot noir y Tempranillo) en el conjunto de los meses de junio y agosto. Campaña 2010.

Régimen hídrico		Ecuación	R <sup>2</sup>
Riego óptimo (R)		$y = 11,50x + 0,0006$	0,5873
Riego deficitario (D)		$y = 17,00x - 0,055$	0,8497
Sig.	Término independiente	***	
	Pendiente	***	

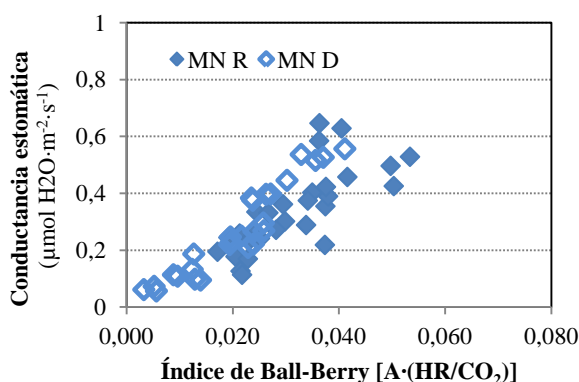
RH: régimen hídrico; R: riego óptimo; D: riego deficitario; Sig.: significación estadística; ns: no significativo; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$ ; R<sup>2</sup>: coeficiente de correlación.



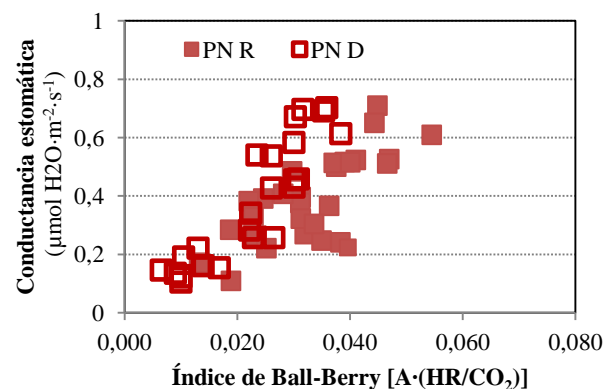
**Figura III.1.** Diferencias en la relación entre el índice de Ball-Berry y la conductancia estomática en condiciones de riego óptimo en Mencía, Pinot noir y Tempranillo. Campaña 2010.



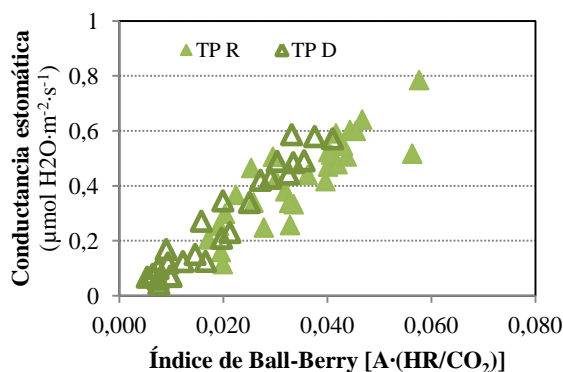
**Figura III.2.** Diferencias en la relación entre el índice de Ball-Berry y la conductancia estomática en condiciones de riego deficitario en Mencía, Pinot noir y Tempranillo. Campaña 2010.



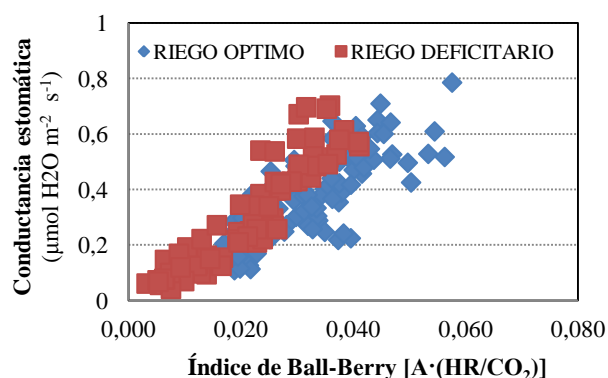
**Figura III.3.** Diferencias en la relación entre el índice de Ball-Berry y la conductancia estomática en condiciones de riego óptimo y deficitario en Mencía. Campaña 2010.



**Figura III.4.** Diferencias en la relación entre el índice de Ball-Berry y la conductancia estomática en condiciones de riego óptimo y deficitario en Pinot noir. Campaña 2010.



**Figura III.5.** Diferencias en la relación entre el índice de Ball-Berry y la conductancia estomática en condiciones de riego óptimo y deficitario en Tempranillo. Campaña 2010.



**Figura III.6.** Diferencias en la relación entre el índice de Ball-Berry y la conductancia estomática en condiciones de riego óptimo y deficitario. Campaña 2010

### III.1.2.2. FOTOSÍNTESIS ( $A_n$ ), CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA ( $g_s$ ), TRANSPIRACIÓN (E) Y POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR ( $\Psi_f$ ).

Hemos querido comparar los resultados de la fotosíntesis, conductancia estomática, transpiración y potencial hídrico foliar medidos en los meses de junio y agosto en las tres horas de medida (9h, 13h y 16h UTC). De esta forma podemos cuantificar y evaluar cual es la hora de medida que proporciona mayor información.

**Tabla III.13.** Comparación de la fotosíntesis por cultivar en los meses de junio y agosto en cada hora de medida y régimen hídrico. Campaña 2010.

		Fotosíntesis ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )					
		Junio			Agosto		
Cv	RH	9h	13h	16h	9h	13h	16h
Mn	R	20,1	18,0	18,0	20,48	17,34 b	13,56
Pn	R	20,9	20,3	19,6	19,84	17,44 b	11,368
Tp	R	18,6	21,0	18,1	21,54	20,02 a	15,34
Sig.		ns	ns	ns	ns	*	ns
		Junio			Agosto		
Cv	RH	9h	13h	16h	9h	13h	16h
Mn	D	18,5	21,7	16,9	15,15 a	11,93 a	8,82
Pn	D	18,6	21,6	19,2	11,20 b	11,08 a	7,81
Tp	D	21,0	22,1	16,6	11,05 b	7,85 b	8,40
Sig.		ns	ns	ns	*	**	ns

Cv: cultivar; Mn: Mencía; Pn: Pinot noir; Tp: Tempranillo; RH: régimen hídrico; R: riego óptimo; D: riego deficitario; 9h, 13h y 16h: 9, 13 y 16 horas UTC respectivamente; Sig.: significación estadística; \*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$ .

Los valores de fotosíntesis (Tabla III.13) y conductancia estomática (Tabla III.14) son muy altos, propios de condiciones ambientales no limitantes para la vid.

Cuando la conductancia estomática presenta valores mayores que  $0,150 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , se manifiesta que los estomas se encuentran totalmente abiertos.

**Tabla III.14.** Comparación de la conductancia estomática por cultivar en los meses de junio y agosto en cada hora de medida y régimen hídrico. Campaña 2010.

Conductancia estomática ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )							
		Junio			Agosto		
Cv	RH	9h	13h	16h	9h	13h	16h
Mn	R	0,42	0,24	0,22 b	0,39	0,49 a	0,25
Pn	R	0,51	0,33	0,40 a	0,62	0,31 b	0,22
Tp	R	0,49	0,32	0,29 b	0,59	0,57 a	0,30
Sig.		ns	ns	**	ns	*	ns
Cv	RH	9h	13h	16h	9h	13h	16h
Mn	D	0,39	0,49	0,24 b	0,24	0,12	0,11
Pn	D	0,53	0,6	0,45 a	0,25	0,16	0,14
Tp	D	0,49	0,5	0,32 ab	0,15	0,10	0,09
Sig.		ns	ns	*	ns	ns	ns

Cv: cultivar; Mn: Mencía; Pn: Pinot noir; Tp: Tempranillo; RH: régimen hídrico; R: riego óptimo; D: riego deficitario; 9h, 13h y 16h: 9, 13 y 16 horas UTC respectivamente; Sig.: significación estadística; \*:  $p<0,05$ ; \*\*:  $p<0,01$ ; \*\*\*:  $p<0,001$ .

**Tabla III.15.** Comparación de la transpiración por cultivar en los meses de junio y agosto en cada hora de medida y régimen hídrico. Campaña 2010.

Transpiración ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )							
		Junio			Agosto		
Cv	RH	9h	13h	16h	9h	13h	16h
Mn	R	6,20	6,31	7,56 b	3,16	6,10 a	4,91
Pn	R	6,23	7,20	9,27 a	3,03	3,68 b	3,84
Tp	R	6,73	7,44	9,11 a	3,92	6,78 a	5,50
Sig.		ns	ns	*	ns	*	ns
Cv	RH	9h	13h	16h	9h	13h	16h
Mn	D	6,56	9,90	6,10 b	5,25	4,09	4,44
Pn	D	7,72	10,16	7,87 a	4,67	4,49	3,66
Tp	D	7,54	11,05	7,87 a	4,00	3,34	3,98
Sig.		ns (0,057)	ns	*	ns	ns	ns

Cv: cultivar; Mn: Mencía; Pn: Pinot noir; Tp: Tempranillo; RH: régimen hídrico; R: riego óptimo; D: riego deficitario; 9h, 13h y 16h: 9, 13 y 16 horas UTC respectivamente; Sig.: significación estadística; \*:  $p<0,05$ ; \*\*:  $p<0,01$ ; \*\*\*:  $p<0,001$ .

En cuanto a los valores de transpiración (E), no se aprecian diferencias significativas entre cultivares salvo a las 16 horas en el mes de junio, en los dos tratamientos de riego, y a las 13 horas de agosto para el riego óptimo.

Los valores de potencial mayores que -1,0 MPa implican que no existen limitaciones en el desarrollo vegetativo (Baeza et al., 2007). Las diferencias más marcadas entre cultivares se manifiestan en el potencial hídrico en el conjunto total de los datos. Esto puede deberse a que en la transpiración, conductancia estomática y transpiración, el coeficiente de variación es tan grande que no presenta diferencias entre tratamientos.

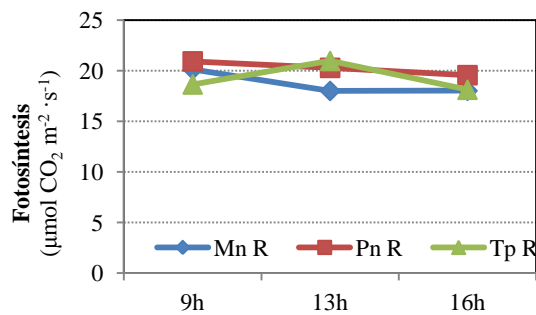
Por otro lado, el potencial hídrico foliar tiene una respuesta más lenta a las condiciones ambientales y el conjunto de las medidas tiene un menor coeficiente de variación lo que manifiesta mayor desigualdad entre cultivar y régimen hídrico (Tabla III.16).

**Tabla III.16.** Comparación de potencial hídrico foliar por cultivar en los meses de junio y agosto en cada régimen hídrico. Campaña 2010.

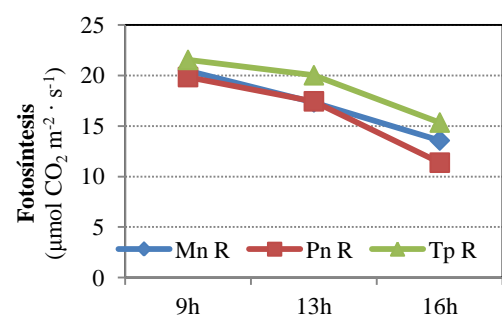
<b>Potencia hídrico foliar (MPa)</b>							
		<b>Junio</b>			<b>Agosto</b>		
<b>Cv</b>	<b>RH</b>	<b>9h</b>	<b>13h</b>	<b>16h</b>	<b>9h</b>	<b>13h</b>	<b>16h</b>
Mn	R	-0,516	-0,596 a	-0,466	-0,59 a	-0,93 a	-0,99
Pn	R	-0,57	-0,56 a	-0,546	-0,77 b	-0,91 a	-1,04
Tp	R	-0,584	-0,678 b	-0,574	-0,71 ab	-1,06 b	-1,07
<b>Sig.</b>		ns	*	ns	*	*	ns
<b>Cv</b>	<b>RH</b>	<b>9h</b>	<b>13h</b>	<b>16h</b>	<b>9h</b>	<b>13h</b>	<b>16h</b>
Mn	D	-0,59	-0,58 a	-0,45 a	-1,17 b	-1,25 a	-1,19 a
Pn	D	-0,52	-0,54 a	-0,51 a	-1,04 a	-1,13 a	-1,33 ab
Tp	D	-0,68	-0,69 b	-0,62 b	-1,55 c	-1,40 b	-1,45 b
<b>Sig.</b>		ns	*	*	***	**	*

Cv: cultivar; Mn: Mencía; Pn: Pinot noir; Tp: Tempranillo; RH: régimen hídrico; R: riego óptimo; D: riego deficitario; 9h, 13h y 16h: 9, 13 y 16 horas UTC respectivamente; Sig.: significación estadística; \*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001.

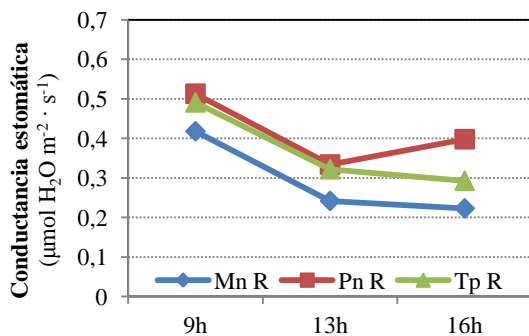




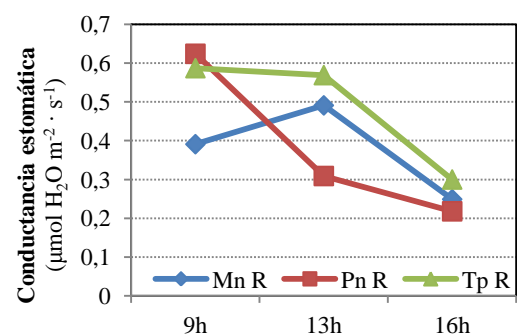
**Figura III. 7.** Comparación de la fotosíntesis por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Mes de junio 2010.



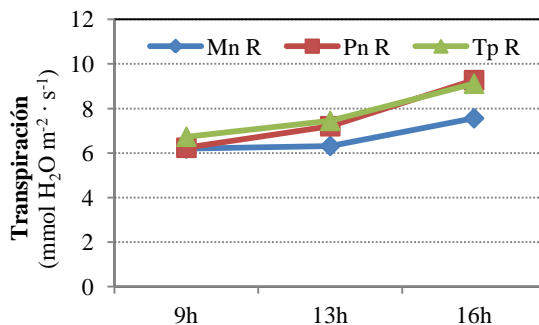
**Figura III. 8.** Comparación de la fotosíntesis por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Mes de agosto 2010.



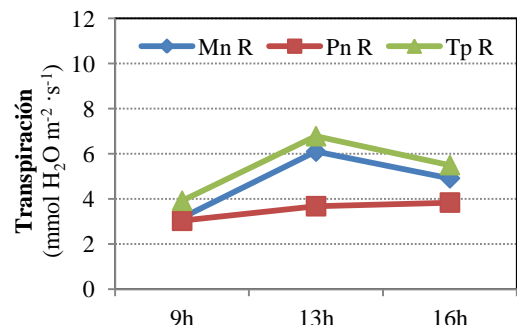
**Figura III.9.** Comparación de la conductancia estomática por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Junio 2010.



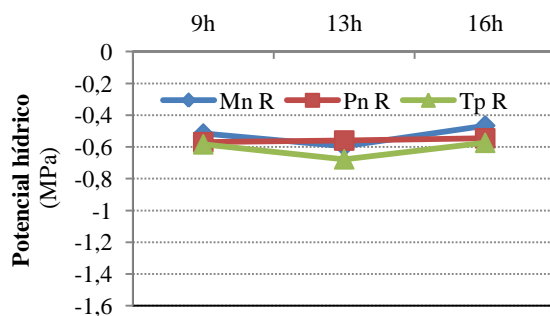
**Figura III.10.** Comparación de la conductancia estomática por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Agosto 2010.



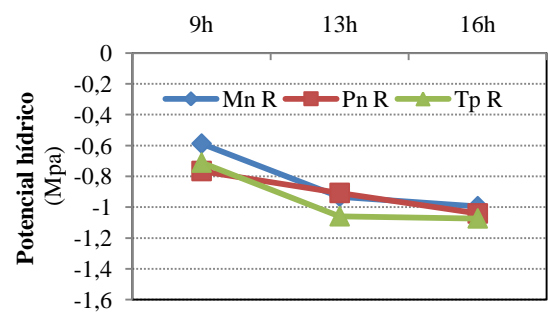
**Figura III.11.** Comparación de la transpiración por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Junio 2010.



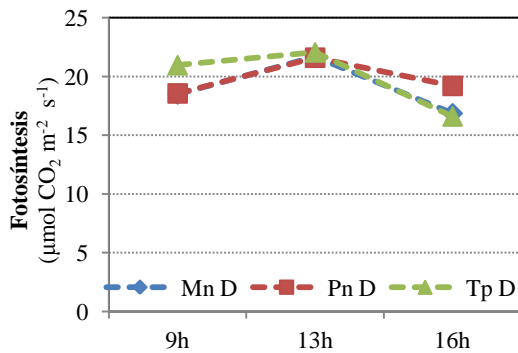
**Figura III.12.** Comparación de la transpiración por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Agosto 2010.



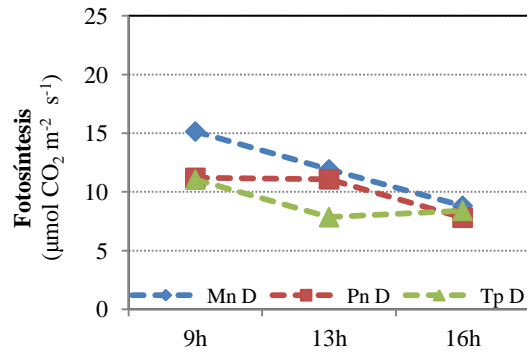
**Figura III.13.** Comparación del potencial hídrico foliar por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Junio 2010.



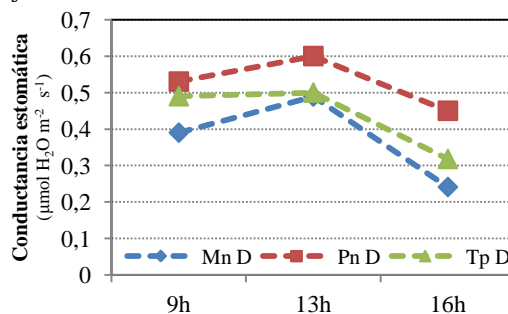
**Figura III.14.** Comparación del potencial hídrico foliar por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego óptimo. Agosto 2010.



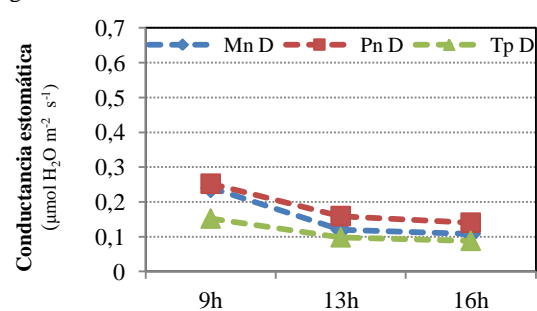
**Figura III.15.** Comparación de la fotosíntesis por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Mes de junio 2010.



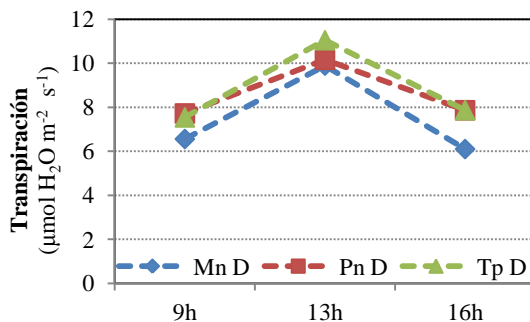
**Figura III.16.** Comparación de la fotosíntesis por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Mes de agosto 2010.



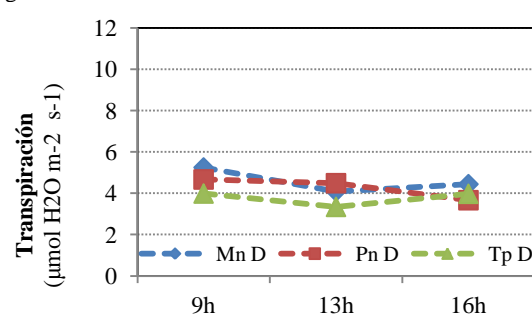
**Figura III.17.** Comparación de la conductancia estomática por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Junio 2010.



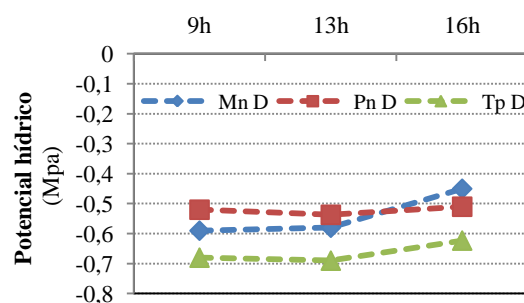
**Figura III.18.** Comparación de la conductancia estomática por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Agosto 2010.



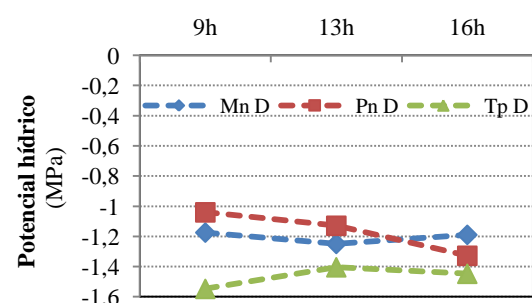
**Figura III.19.** Comparación de la transpiración por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Junio 2010.



**Figura III.20.** Comparación de la transpiración por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Agosto 2010.



**Figura III.21.** Comparación del potencial hídrico foliar por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Junio 2010.



**Figura III.22.** Comparación del potencial hídrico foliar por cultivar y hora de medida, en condiciones de riego deficitario. Agosto 2010.

### III.1.3. RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES

El factor cultivar tiene una gran influencia en todos los componentes del rendimiento: peso de 100 bayas, fertilidad (racimos/pámpano) y cuajado.

El cultivar más productivo es Tempranillo, seguido de Mencía y Pinot noir (Tabla III.17). Esta relación es similar en el peso medio del racimo y en el número de bayas por racimo. Sin embargo, Pinot noir es el que mayor fertilidad presenta con 1,8 racimos por pámpano.

Hay una relación inversa entre fertilidad y peso medio del racimo. Los racimos más grandes corresponden a cultivares con fertilidad más baja.

El déficit hídrico afectó al rendimiento final a través del cuajado, aunque el peso de la baya no se vea influenciado por el aporte de riego y sí por cultivar. La más pequeña es Pinot noir, seguida de Tempranillo y la más grande que es Mencía.

**Tabla III.17.** Descomposición del rendimiento en vendimia, campaña 2010.

		Rto (Mg/ha)	Sig.	P100 bayas (g)	Sig.	Racimos por pámpano	Sig.	Peso racimo (g)	Sig.	Bayas por racimo	Sig.
Mn	R	13,4	ab	171	a	1,0	b	205	b	120	b
	D	10,4		158		1,0		161		102	
Pn	R	10,7	b	115	c	1,7	a	104	c	90	c
	D	10,2		121		1,8		93		78	
Tp	R	20,0	a	147	b	1,4	ab	230	a	156	a
	D	16,1		144		1,3		207		144	
Mn		11,9		165		1,0		183		111	
Pn		10,5	*	118	***	1,8	**	99	***	84	***
Tp		18,1		146		1,4		219		150	
R		14,7	*	144	ns	1,4	ns	180	**	122	**
D		12,2		141		1,4		154		108	
CV × RH			ns		ns		ns		ns		ns

Mn: Mencía; Pn: Pinot noir; Tp: Tempranillo; R: riego óptimo; D: riego deficitario; CV: cultivar; RH: régimen hídrico; Sig.: significación estadística; ns: no significativo; \*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001; Rto.: Rendimiento; P100 bayas: peso de 100 bayas.

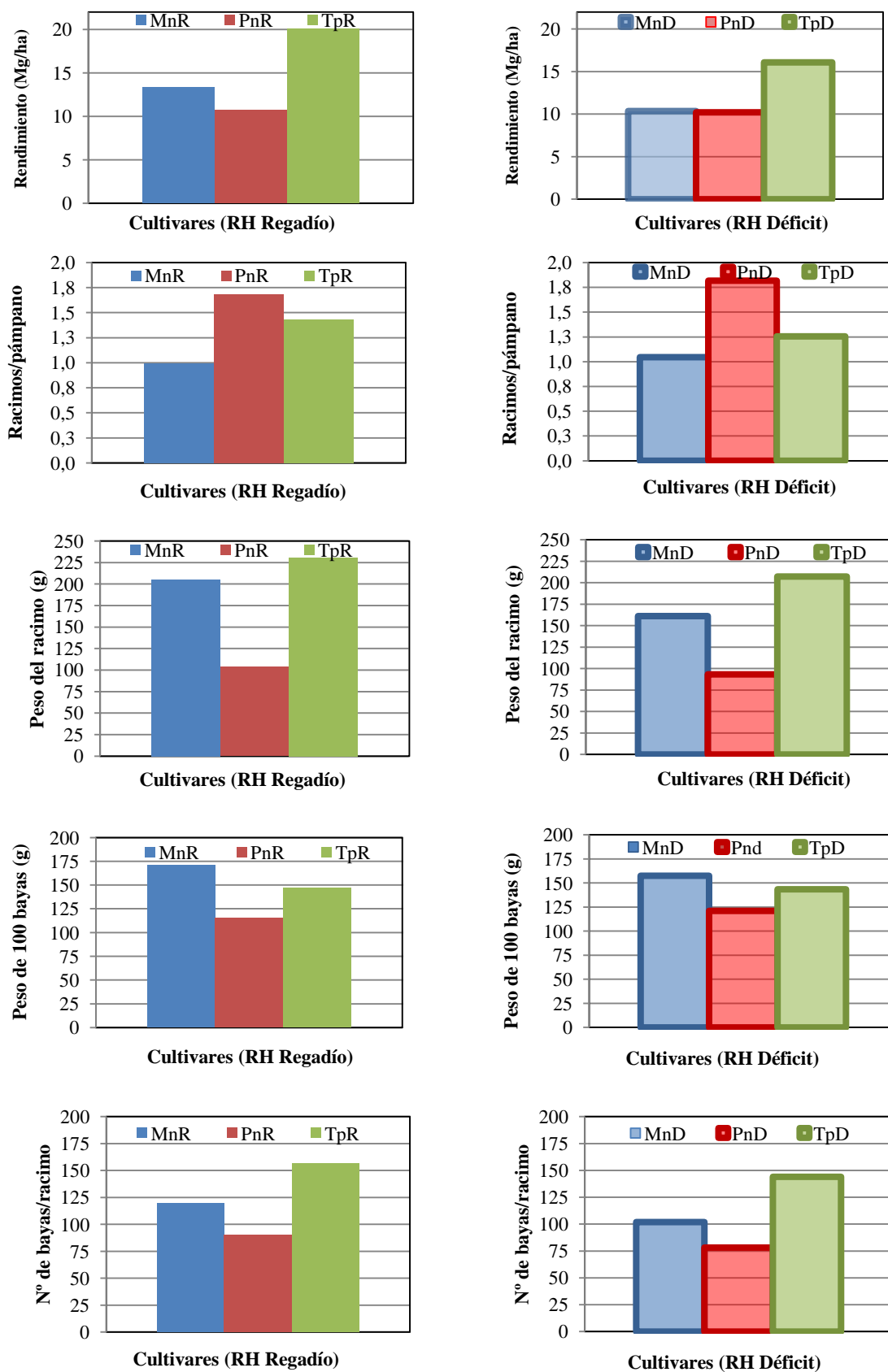


Figura III.23. Descomposición del rendimiento, campaña 2010.

El peso de 100 bayas es un factor de calidad, sobre todo en las uvas destinadas a vinificación en tinto ya que influye en los componentes presentes en los hollejos de las bayas y en la concentración de los componentes del mosto y en su relación, por eso, la tendencia de muchas bodegas es conseguir un tamaño de baya más pequeño, que permita aumentar la relación hollejo/pulpa y así tener mostos con mayor concentración de polifenoles y materia colorante.

En zonas cálidas, es más interesante conseguir un tamaño de baya mayor que provoque un alargamiento de la maduración y que ésta se produzca más tarde con temperaturas menos extremas.

**Tabla III.18.** Aumento en producción con el incremento del aporte de riego, en la campaña 2010

<b>Cultivar</b>	<b>Aumento de producción por incremento del riego (kg de cosecha por ha/mm de riego)</b>
Mencía	30
Pinot noir	5
Tempranillo	39

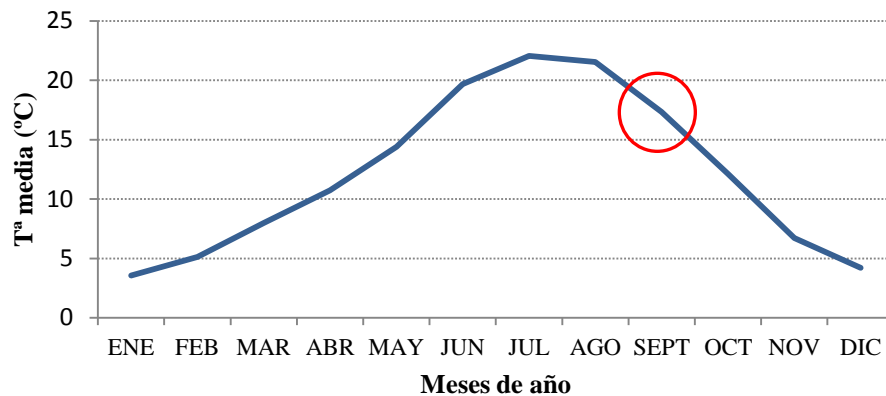
El cultivar más eficiente es Tempranillo puesto que con la aplicación de 1 mm de riego más con respecto al déficit, incrementa la producción en 39 kg. En segundo lugar se encuentra Mencía con un incremento de 30 kg y por último Pinot noir con 5 kg (Tabla III.18).

Es importante señalar que Pinot noir tiene un comportamiento anómalo en el tratamiento de riego deficitario. La producción de uva que da no está en consonancia con el riego que se aplica. A pesar de regar casi el triple en el riego óptimo no se marcan las diferencias en ninguno de los parámetros de descomposición del rendimiento.

Analizando la situación de las parcelas donde se encuentra Pinot noir en el ensayo, nos lleva a reflexionar sobre si afectan otros factores ambientales como pueden ser afloramientos de capas freáticas que eliminen las diferencias en el aporte de riego. Basándonos en esta hipótesis, no debemos tener muy en cuenta los datos de este cultivar en riego deficitario.

### III.1.4. ANÁLISIS DE MOSTO

La madurez ha sido propicia para la obtención de uva de calidad para posterior vinificación. El periodo de vendimia se produjo con temperaturas medias entre 15 y 20 °C (Figura III.24), favoreciendo una correcta maduración sacarimétrica.



**Figura III.24.** Temperaturas medias en el momento de vendimia

Con 15-20 °C medios de temperatura en el periodo de vendimia, se puede decir que “El Socorro” es zona alfa y por tanto una zona fría (Baeza et *al.*, 2011). En esta zona se producen vinos tintos de alta calidad donde la expresión aromática y la maduración fenólica son más intensas. El ciclo de la planta se ajusta exactamente a la oferta del medio.

La fase de maduración de la uva se caracteriza por una progresiva disminución de la acidez total (debido a la disminución de ácido málico, necesario en la combustión respiratoria de la uva) y el aumento del pH y sólidos solubles totales (SST).

Todos los valores de SST se encuentran próximos a 24 °Brix que es criterio establecido como óptimo para realizar la vendimia.

El contenido en sólidos solubles totales, que corresponde en su mayor parte a los azúcares reductores, es el componente más importante y decisivo de la composición del mosto, fiel reflejo de la actividad fisiológica, del crecimiento vegetativo y del nivel de rendimiento en uva a nivel de planta y de cultivo (Yuste, 1995).

Para los datos registrados en la campaña 2010 se puede observar que el régimen hídrico no ha afectado a los parámetros básicos del mosto en el momento previo a la vendimia (Tabla III.19).

Mencía tiene el pH significativamente más alto en riego óptimo como deficitario, rozando los límites enológicos recomendados.

Con valores de pH por encima de 3,6 se corre el riesgo de que se produzca precipitación de bitartrato potásico a lo largo del proceso de elaboración, peligrando la sanidad del vino y obteniéndose un vino menos fresco, organolépticamente hablando. El resto de cultivares tienen un pH adecuado en ambos regímenes hídricos.

**Tabla III.19.** Análisis de mosto en vendimia, campaña 2010.

		SST (°Brix)	Sig.	pH	Sig.	ATT (g TH <sub>2</sub> /L)	Sig.
Mn	R	23,5	--	3,62	a	4,2	--
	D	23,8		3,59		4,4	
Pn	R	23,8	--	3,37	b	6,2	--
	D	23,7		3,34		5,7	
Tp	R	24,3	--	3,30	b	5,5	--
	D	24,4		3,34		5,3	
Mn		23,7	ns	3,60	*	4,3	ns
Pn		23,8		3,35		5,9	
Tp		24,3		3,32		5,4	
R		23,9	ns	3,43	ns	5,3	ns
D		24,0		3,42		5,1	
CV × RH			ns		ns		ns

Mn: Mencía; Pn: Pinot noir; Tp: Tempranillo; R: riego óptimo; D: riego deficitario; CV: cultivar; RH: régimen hídrico; Sig.: significación estadística; ns: no significativo; \*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001; SST: Sólidos solubles totales; ATT: acidez total titulable; TH<sub>2</sub>: ácido tartárico.

La acidez del mosto se debe, esencialmente, a dos ácidos orgánicos: el ácido tartárico y al ácido málico. Estos dos ácidos, gracias a los diferentes mecanismos metabólicos que producen su síntesis, están presentes en la uva en distintas proporciones. Mostos de acidez “débil” podrían producir vinos demasiado planos o sensibles a las alteraciones microbiológicas.

Los resultados de acidez total titulable (ATT) se encuentran dentro del rango óptimo para vinos de calidad, que suelen oscilar entre 5 y 6 g TH<sub>2</sub>/L. En el caso de Mencía estos valores son más bajos que los recomendados.

Como dato relevante, Mencía en las D.O. de Ribeira Sacra, Monterrei y Ribeiro suele vendimiarse antes de que se alcancen los 10,5°, porque la caída de la acidez puede llegar a ser bastante importante por el exceso de calor (Cid, 2005).

Cualquier técnica de cultivo que contribuya a aumentar la producción por cepa, influirá negativamente en la acidez del mosto debido a que produce una disminución de la relación entre el ácido tartárico y el ácido málico, aumentando el pH del mosto.

En la fase de maduración, el contraste entre las temperaturas del día y la noche en esta zona, provocan que la pérdida de acidez sea atenuada ya que por la noche las plantas respiran menos, y mantienen buenos niveles de acidez a la vez que una buena acumulación de azúcares (Elías y Castellví, 1996).

Es importante el valor del pH en el mosto, ya que en función de éste, se desplaza el equilibrio de las estructuras de las moléculas de antocianos y esto puede modificar la intensidad colorante de los mostos (Esteban *et al.*, 1999). Está en consonancia con la acidez total, es decir, valores altos de acidez total implican valores bajos de pH y a la inversa.



## III.2. RESPUESTA ENOLÓGICA

### III.2.1. ANÁLISIS DE LAS MICROVINIFICACIONES

El conjunto de los resultados se encuentra dentro de los baremos establecidos para vinos comerciales. A pesar de que no se encuentran diferencias en los sólidos solubles totales (SST), puesto que es una condición obligada para alcanzar el momento de vendimia, sí que hay diferencias significativas en el grado alcohólico obtenido en los vinos (Tabla III.20). Son Tempranillo y Pinot noir, en concordancia con los valores registrados de SST, los que mayor grado alcohólico alcanzan. Por el contrario, las diferencias de pH en mosto no se reflejan en el pH del vino.

**Tabla III.20.** Análisis de vinificaciones, campaña 2010.

		K <sup>+</sup> (mg/L)	Sig.	° Alc	Sig.	pH	Sig.	ATT (mg TH <sub>2</sub> /L)	Sig.	SO <sub>2</sub> libre	Sig.	SO <sub>2</sub> total	Sig.	Az. Red. (g/L)	Sig.
Mn	R	1180		11,9		3,75		6,52		34		69		0,83	
	D	1177	--	12,0	b	3,72	--	7,04	--	29	a	75	a	2,88	--
Pn	R	1090		12,5		3,58		6,9		22		64		2,03	
	D	1270	--	13,1	a	3,61	--	8,85	--	16	b	45	c	2,40	--
Tp	R	1270		12,6		3,57		6,75		23		77		1,53	
	D	1347	--	13,0	a	3,74	--	6,33	--	20	ab	47	b	4,53	--
Mn		1179		11,9		3,74		6,78		32		72		1,90	
Pn		1180	ns	12,8	**	3,60	ns	7,88	ns	19	*	55	*	2,20	ns
Tp		1309		12,8		3,66		6,54		22		62		3,03	
R		1180		12,3		3,63		6,72		26		70		1,46	
D		1265	ns	12,7	ns	3,69	ns	7,40	ns	22	ns	56	ns	3,27	ns
CV × RH		--	ns	--	ns	--	ns	--	ns	--	ns	--	ns	--	ns

Mn: Mencía; Pn: Pinot noir; Tp: Tempranillo; R: riego óptimo; D: riego deficitario; CV: cultivar; RH: régimen hídrico; Sig.: significación estadística; ns: no significativo; \*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001; K+: ion potasio; ° Alc.: grado alcohólico; ATT: acidez total titulable; TH<sub>2</sub>: ácido tartárico. Az. Red.: azúcares reductores.

El pH influye en la sensación de astringencia de los vinos tintos. Un incremento del mismo reduce la sensación de astringencia. Un vino tinto soporta mejor la acidez si tiene un alto contenido en alcohol. Así mismo, un elevado contenido de taninos sólo es aceptable si la acidez es muy débil.

En las vinificaciones no se aprecian diferencias significativas en el contenido de K<sup>+</sup>. Los valores de los cultivares por cada régimen hídrico se encuentran por encima de las recomendaciones. A partir de 800 mg/L de K<sup>+</sup> se considera arriesgado y es aconsejable estabilizar los vinos mediante frío para favorecer la precipitación de las sales tartáricas.

Si el potasio se combina con el ácido tartárico, se formará bitartrato potásico que precipita y devalúa los vinos. Si esto ocurriese, perderíamos acidez en el vino y se produciría inestabilidad microbiana.

Para unas mismas condiciones de cultivo (abonado), riego, insolación, etc., Tempranillo tiene los valores más altos de potasio y dentro del tratamiento de riego, en el deficitario es mayor.

El potasio es fundamental para el crecimiento y rendimiento de la vid. Las bayas son un importante depósito de K, en especial durante la maduración. Además, es el catión más abundante en el mosto.

El contenido de potasio aumenta a medida que avanza la campaña, con un fuerte incremento al inicio del envero (Ollat y Gaudillère, 1996). En cambio, la concentración de K por peso unitario fresco puede aumentar o mantenerse relativamente constante. El potasio no se metaboliza. Se trasloca a las estructuras permanentes (raíces, tronco),

Una mayor asimilación de potasio por la viña da lugar a una disminución proporcional de la acidez total y sobre todo del pH, haciendo menos estable los vinos tintos al reducir su color. También se produce una menor inestabilidad del ácido tartárico en el vino, que forma sales tanto menos solubles cuanto más rico en alcohol es el vino (Mattick *et al.*, 1972; Hale, 1977; Morris *et al.*, 1980; Champagnol, 1984).

La utilización de intercambiadores de cationes permite eliminar el potasio, el calcio y también el hierro y el magnesio, sustituyendo estos iones por sodio o por iones  $H^+$ . Con este tratamiento, se puede conseguir la estabilización del vino con respecto a las precipitaciones tartáricas y/o una acidificación. Esta práctica se realiza en EE.UU., Australia y Argentina. En Europa no está permitido pero se importan estos vinos en grandes cantidades.

Entre las opciones de gestión del viñedo para incidir en la acumulación de  $K^+$  en las bayas, es la utilización selectiva de combinaciones de portainjertos/injertos, la conducción de la vegetación y las estrategias de riego.

En cuanto a los valores  $SO_2$  libre en el vino, todos los cultivares están entre 20-30 mg/L, que es el rango normal. En  $SO_2$  total hay un límite de 150 mg/L y ninguno de los valores llega, si quiera, a la mitad del máximo. Se aprecian diferencias significativas entre cultivares pero no entre regímenes hídricos.

En los azúcares residuales, la legislación indica que valores por encima de 5 g/L, los vinos no están secos, es decir, no han terminado la fermentación alcohólica. En nuestro caso, solo Tempranillo está próximo al límite con un valor de 4,5 g/L.

En el contenido fenólico del vino se aprecian diferencias significativas entre los tres cultivares así como en el régimen hídrico. Se ha obtenido una mayor concentración de polifenólica en el riego deficitario con respecto a riego óptimo.

La evolución de los antocianos desde el envero hasta la maduración de la baya se caracteriza en tres fases. Inicialmente hay un ligero incremento del contenido en polifenoles, seguido de una rápida acumulación, que tiende a estabilizarse y por ultimo comienza a descender hasta final de maduración.

Este hecho es consecuencia de un menor tamaño de baya y en menor número en D que en R. Las plantas con mayor disponibilidad hídrica tienen un mayor peso de la baya, por lo que las concentraciones de polifenoles suelen ser inferiores a las del tratamiento con restricción por el mayor efecto de dilución. Además, una baya más grande tiene una menor cantidad de antocianos porque tiene menos hollejo para un mayor volumen de pulpa frente a otra baya de menor tamaño (Reyero *et al.*, 2005).

Los IPT en los vinos tintos españoles suelen oscilar en valores comprendidos entre 20 y 80. Desde ese punto de vista todos serían correctos. No obstante para vinos de crianza se recomienda que el valor supere los 40.

**Tabla III.21.** Análisis del contenido fenólico de las vinificaciones, campaña 2010.

		IPT	Sig.	Intensidad de Color	Sig.	Tonalidad De Color	Sig.
Mn	R	42		4,91		1,11	
	D	41	ab	5,05	b	1,25	b
Pn	R	28		2,05		0,32	
	D	31	b	4,13	b	1,07	b
Tp	R	45		6,28		2,24	
	D	60	a	11,0	a	3,51	a
Mn		42		4,98		1,18	
Pn		30	**	3,09	**	0,70	***
Tp		53		8,64		2,88	
R		38	*	4,41	*	1,22	*
D		44		6,72		1,94	
CV × RH			ns		ns		ns

Mn: Mencía; Pn: Pinot noir; Tp: Tempranillo; R: riego óptimo; D: riego deficitario; CV: cultivar; RH: régimen hídrico; Sig.: significación estadística; ns: no significativo; \*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001; IPT: índice de polifenoles totales.

Respecto de la Intensidad de color los vinos tintos oscilan entre valores de 6 y 20. Para la crianza normalmente se recomiendan valores superiores a 7.

Los responsables más directos del aumento global de los polifenoles en los hollejos de los cultivares tintos, a partir de envero, son los compuestos antociánicos que representan la mitad o más de esos polifenoles y contribuyen a la astringencia y al envejecimiento de los vinos (Singleton y Esau, 1969).

El color de los vinos tintos depende de su concentración de antocianos y de combinaciones taninos-antocianos. Los antocianos se comportan como ácidos débiles, cuyo color varía del incoloro al azul o al rojo en función de la acidez del medio. El color rojo-azul oscuro que influye en gran medida en la percepción de calidad potencial del vino, depende de la presencia de combinaciones entre taninos y antocianos.

El pH influye en la evolución del color del vino tinto con el paso del tiempo. El color inicialmente rojo azulado evoluciona hacia notas amarillas anaranjadas tanto más intensa y rápidamente cuanto más alto es el pH (Sims y Morris, 1984).

Además, actualmente, un criterio de calidad de los vinos muy importante es el color y el contenido de antocianos.

## **CAPÍTULO IV.**

### **CONCLUSIONES**

## IV. CONCLUSIONES

Las diferencias obtenidas entre los cultivares son debidas a dos características intrínsecas: desarrollo vegetativo y rendimiento.

La primera característica determina su adaptación a situaciones en zonas con falta de agua. Tempranillo y Pinot noir son los que más desarrollo vegetativo alcanzan y por tanto los que más consumo de agua necesitan. Por consiguiente, debería evitarse su cultivo en zonas de déficit hídrico donde el aporte de riego esté limitado. Mencía se encontraría en el extremo opuesto pues tiene una gran capacidad de regulación del desarrollo vegetativo en situación deficitaria de agua.

Si se garantiza un mínimo de alimentación hídrica, Tempranillo es el cultivar más productivo.

No se han encontrado diferencias significativas en la respuesta fisiológica entre los cultivares en condiciones de riego óptimo (R) pero sí en riego deficitario (D).

En la composición del mosto, Mencía fue el cultivar con el pH más alto, aunque esta relación no se mantiene en el vino.

Con respecto a los análisis del vino, Tempranillo manifiesta una tendencia hacia una mayor concentración de  $K^+$ , lo que no demuestra diferencias significativas con el resto pero habrá que contrastar estos resultados con los de otros años para observar si se mantiene esta tendencia. Además, este cultivar ha sido el que mejor maduración polifenólica presenta: mayor contenido de IPT, intensidad de color y tonalidad.

La disponibilidad hídrica restrictiva produjo una mayor concentración de IPT, intensidad de color y tonalidad.

## **CAPÍTULO V.**

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque-Regina M. 1993. Réponses des cépages de *Vitis vinifera* L. aux variations de l'environnement: effets de la contrainte hydrique sur la photosynthèse, la photorespiration et la teneur en acide abscisique des feuilles. Thèse Université de Bordeaux II. 213 p.
- Baeza P., Sánchez-de-Miguel P., Centeno A., Junquera P., Linares R., Lissarrague J.R. 2007. Water relations between leaf water potential, photosynthesis and agronomic vine response as a tool for establishing thresholds in irrigation scheduling. *Scientia Horticulturae*, 114 (3): 151-158.
- Baeza P., Sánchez-Lirio M., Verdugo J., Tejerina M.C., López-Pavón C., Martín-Cuadrado L., De la Iglesia L., Díaz-Riquelme T., Pérez-Ayuso E., Hernández E., Pérez-Cidoncha C., González C. 2011. Respuesta agronómica de diferentes cultivares tintos de vid en zona templada. *Agricultura: Revista agropecuaria*, 940: 328-332.
- Ball J.T., Woodrow I.E., Berry A. 1987. A model predicting stomatal conductance and its contribution to the control of photosynthesis under different environmental conditions. *Progress in Photosynthesis Research*, Vol. IV: 221-224.
- Bartolomé M.C. 1993. Respuestas de la vid (*Vitis vinifera* L.) a condiciones de estrés hídrico: efectos sobre las relaciones agua-planta, el crecimiento, la producción y la calidad (cv. Tempranillo). Tesis doctoral. Departamento de Producción Vegetal: Fitotécnia. ETSI Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. 445 p.
- Becker N., Zimmermann H. 1984. Influence de divers apports d'eau sur des vignes en pots, sur la maturation des sarments, le développement des baies et la qualité du vin. *Bulletin de l'O.I.V.* 641-642: 584-596
- Bravdo B., Hepner Y., Loinger C., Cohen S., Tabacman H. 1985. Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.*, 36: 132-139.
- Bravdo B., Proebsting E.L. 1993. Use of drip irrigation in orchards. *HortTechnology*, 3 (1): 44-49.
- Carbonneau A. 1976. Principes et méthodes de mesure de la surface foliaire. Essai de caractérisation des types de feuilles dans le genre *Vitis*. *Anales de l'Amélioration des Plantes*, 26 (2): 327-343.
- Carbonneau A., Ollat N. 1991. Instabilité de la réhydratation tardive des feuilles à l'amorce du régime de transpiration en situation de sécheresse exemple de *Vitis vinifera* L. cv. Sémillon. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 25 (2): 75-83.



- Champagnol F. 1984. Influence des éléments minéraux sur le comportement de la vigne. In "Éléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale" Champagnol F. (Pub.), St Gély .
- Cheynier V., Dueñas-Paton M., Salas E., Maury C., Souquet J.M., Sarni-Manchado P., Fulcrand H. 2006. Structure and properties of wine pigments and tannins. *Am. J. Enol. Vitic.*, 57 (3): 298-305.
- Cid E. 2005. Análisis comparado de la fenología del cultivar Mencía. Trabajo fin de carrera. Departamento de Biología vegetal y Ciencia del suelo. Universidad de Vigo. 189 p.
- Cifre J., Bota J., Escalona J.M., Medrano H., Flexas J. 2005. Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.). An open gate to improve water-use efficiency? *Agri. Ecosyst. Environ.*, 106: 159-170.
- Condon A., Richards R., Rebetzke G., Farquhar G. 2004. Breeding for high water-use efficiency. *J. Exp. Bot.*, 55: 2447-2460.
- Correia M. J., Chaves M.M.C., Pereira J.S. 1990. Afternoon depression in photosynthesis in grapevine leaves - Evidence for a high light stress effect. *Journal of Experimental Botany* 41:417-426.
- Cuevas E. 2001. Estudio de los mecanismos de adaptación ecofisiológica de la vid (*Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo) al déficit hídrico: evaluación del consumo de agua y de las respuestas agronómicas en diferentes regímenes hídricos. Tesis doctoral. Departamento de Producción Vegetal: Fitotécnia. ETSI Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. 219 p.
- Dupuy P., Combe P., Salgues M. 1980. Recovery of red color from grape pomace. *Proceedings of the University of California (Davis), Grape and Wine Centennial Symposium*. Edited by A.D. Weeb. Ed. University of California Press, Berkeley: 298-299.
- Düring H. 1987. Stomatal responses to alterations of soil and air humidity in grapevines. *Vitis*, 26: 9.
- Düring H., Loveys B.R., Dry P.R. 1996 . Root signals affect water use efficiency and shoot growth. *Proc. Workshop Strategies to Optimize Wine Grape Quality. Acta Horticulturae*, 427: 1-13.
- Flexas J., Escalona J.M., Medrano H. 1998. Down-regulation of photosynthesis by drought under field conditions in grapevine leaves. *Australian Journal of Plant Physiology*, 25: 893-900.

Elías F., Castellví F. 1996. Agrometeorología. Ed. M.A.P.A. M.P. Madrid. 516 p.

Esteban M.A. 1995. Variaciones en la composición química de las bayas del cv. de vid Tempranillo durante la maduración producidas por el sistema de conducción y el régimen hídrico. Tesis doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. 691 p.

Esteban M.A., Villanueva M.J., Lissarrague J.R. 1999. Effect of irrigation on changes in berry composition of Tempranillo during maturation. Sugars, organic acids, and mineral elements. *Am. J. Enol. Vitic.*, 50(4): 418-434.

García-Escudero, E. 1991. Influencia de la dosis y del momento de aplicación del riego sobre la producción, desarrollo vegetativo, calidad del mosto y nutrición mineral de la vid (*Vitis vinifera* L.). Tesis doctoral. Departamento de Producción Vegetal: Fitotécnia. ETSI Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

Glories Y., Augustin M. 1993. Maturité phénolique du raisin, conséquences technologiques: application aux millésimes 1991 et 1992. *Compte Rendu Colloque Journée Techn. CIVB*, Bordeaux: 56-61.

Gómez del Campo M.V. 1998. Mecanismos de adaptación a sequía en la vid. Evaluación del consumo de agua, crecimiento y desarrollo vegetativo, productividad y eficiencia en el uso del agua de cuatro genotipos de vid (*Vitis vinifera* L.). Tesis doctoral. Departamento de Producción Vegetal: Fitotécnia. ETSI Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. 383 p.

Gómez del Campo M., Ruiz C., Sotés V., Lissarrague J.R. 2002. Effect of water stress on leaf area development, photosynthesis and productivity in Chardonnay and Airén grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.*, 53 (2): 138-143.

Hale C.R. 1997. Relation between potassium and the malate and tartrate content of grape berries. *Vitis*, 16: 9-19.

Hamdy A., Ragab R., Scarascia-Mugnozza E. 2003. Coping with water scarcity: water saving and increasing water productivity. *Irrig. Drain.*, 52: 3-20.

Iland P.G. 1984. Studies on the composition of pulp and skin of ripening grape berries. Thesis. University of Adelaide.

Jackson D.I., Lombard P.B. 1993. Environmental and management-practices affecting grape composition and wine quality- A review. *Am. J. Enol. Vitic.*, 44(4): 409-430.

- Junquera P. 2011. Influencia de la distancia entre filas y de la densidad de pámpanos en el aprovechamiento de los recursos ambientales y en la respuesta del cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.), conducido en espaldera con riego deficitario. Tesis doctoral. Departamento de Producción Vegetal: Fitotécnia. ETSI Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. 266p.
- Kasimatis A.N. 1967. Grapes, ed. R. M. Hogan, H. R. Haise, and T. W. Edminster, vol. 11. Madison, Wisconsin, Am. Soc. Agron., 719-739.
- Kliewer W.M., Freeman B.M., Hosson C. 1983. Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vine. I. Degree of water estress and effect on growth and yield. *Am. J. Enol. Vitic.*, 34: 186-196.
- Koundouras S., Van Leeuwen C., Seguin G., Glories Y. 1999. Influence de l'alimentation en eau sur la croissance de la vigne, la maturation des raisins et les caractéristiques des vins en zone méditerranéenne (Exemple de Némée, Grèce, cépage Saint Georges, 1997). *J. Int Sci. Vigne Vin*, 33: 149-160.
- Kramer P.J., Boyer J.S. 1995. Water relations of plants and soils. San Diego, California: Academic Press, Inc.
- Lebon E., Pellegrino A., Louarn G., Lecoœur J. 2006. Branch development controls leaf area dynamics in grapevine (*Vitis vinifera*) growing in drying soil. *Annals of Botany*, 98: 175-185.
- Linares R., Baeza P., Lissarrague J.R. 2007. El potencial hídrico foliar. En: Fundamentos, aplicación y consecuencias del riego en la vid. Editorial Agrícola Española. Madrid. 264 p.
- Lissarrague J.R. 1986. Estudio de los efectos del riego en la producción, desarrollo vegetativo, calidad del mosto y nutrición mineral de la vid. Tesis doctoral. Departamento de Producción Vegetal: Fitotécnia. ETSI Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. 395 p.
- Matthews M.A., Anderson M.M. 1989. Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.): Responses to seasonal water deficits. *Am. J. Enol. Vitic.*, 40: 52-59.
- Mattick L.R., Shaulis N.J., Moyer J.C. 1972. The effect of potassium fertilization on the acid content of Concord grapes juice. *Am. J. Enol. Vitic.*, 23 (1): 26-30.
- McCarthy M. 1997. The effect of transient water deficit on berry development of cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.). *Aust. J. Grape Wine Res.*, 3: 102-108.

- McCarthy M. 2000. Developmental variation in sensitivity of *Vitis vinifera* L. (Shiraz) berries to soil water deficit. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 6: 136-140.
- Medrano H., Escalona J.M., Cifre J., Bota J., Flexas J. 2003. A 10-years study on the physiology of two Spanish grapevine cultivars under field conditions: effects of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality. *Funct. Plant Biol.*, 30: 607-619.
- Morata A. 2004. Influencia de la maduración antociánica de la uva y de la biotecnología fermentativa en color, aroma, y estructura de vinos tintos. Tesis doctoral. Departamento de Tecnología de los Alimentos. ETSI Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. 222p.
- Morris J.R., Cawthon D.L., Fleming J.W. 1980. Effect of high rates of potassium fertilization on raw product quality and changes in pH and acidity during storage of Concord grapes juices. *Am. J. Enol. Vitic.*, 31(4): 323-328.
- MSTAT-C. 1990. User's guide, version 2.0., Michigan State University (U.S.A.).
- Naor A., Bravdo B., Hepner Y. 1993. Effect of post-veraison irrigation level on Sauvignon blanc yield, juice quality and water relations. *South African Journal for Enology and Viticulture*, 14: 19-25.
- Ojeda H., Deloire A., Carbonneau A. 2001. Influence of water stress deficits on grape berry growth. *Vitis*, 40: 141-145.
- Ojeda H., Andary C., Kraeva E., Carbonneau A., Deloire A. 2002. Influence of pre and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *Am. J. Enol. Vitic.*, 53: 261-267.
- Parry M., Rosenzweig C., Livermore M. 2005. Climate change, global food supply and risk of hunger. *Phil. Trans. Royal. Soc. B.*, 360: 2125-2138.
- Paz Diago, M. 2010. Estudio y desarrollo del deshojado precoz como técnica para el control del rendimiento productivo de la vid (*Vitis vinifera* L.). Efectos sobre el desarrollo vegetativo, los componentes de la producción, así como sobre la composición y la calidad de la uva y del vino. Tesis doctoral. Departamento de Agricultura y Alimentación. Universidad de La Rioja. 314p.

- Peláez H. 1999. Balance de radiación fotosintéticamente activa, microclima luminoso y evaluación fisiológica y agronómica de distintos sistemas de conducción en diferentes regímenes hídricos en el cultivo de la vid (*Vitis vinifera* L.). Tesis doctoral. Departamento de Producción Vegetal: Fitotécnia. ETSI Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. 272 p.
- Peñín J. 1997. Cepas del mundo. Ed. Pi & Erre ediciones, Madrid (España). 111 p.
- Pirie A.J.G., Mullins M.G. 1980. Concentration of phenolics in the skin of grape berries during fruit development and ripening. *Am. J. Enol. Vitic.*, 31: 34-36.
- Poni S., Lakso A.N., Turner J.R., Melious R.E. 1994. Interactions of crop level and late season water stress on growth and physiology of field-grown Concord grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.*, 45: 252-258.
- Ribéreau-Gayon P., Stonestreet E. 1965. Le dosage des anthocyanes dans le vins rouge. *Bull. Soc. Chim.*, 9: 2649-2652.
- Ribéreau-Gayon P., Glories Y. 1986. Phenolics in grapes and wines. Proceedings of Sixth Australian Wine Industry Technical Conference. Ed. Australian Industrial Publishers, Adelaide: 247-256.
- Reyero J.R., Lorenzo C., Pardo F., Alonso G.L., Salinas M.R. 2005. Comparación del potencial fenólico de uvas en el momento óptimo de vendimia y características de sus vinos. *Enólogos*, 37: 25-27.
- Reynier A. 2002. Manual de Viticultura. 6ª Edición. Mundi-Prensa. Madrid. 495 p.
- Roggero J.P., Coen S., Ragonnet B. 1986. High performance liquid chromatography survey on the changes in pigment content in ripening grapes of Syrah. An approach to anthocyanin metabolism. *Am. J. Enol. Vitic.*, 37: 77-83.
- Roson J.P., Baudel J., Mountounet M. 1988. Composition des raisins en anthocyanes et en tannins et qualité de la vendange. *Progrès Agricole et Viticole*, 24: 569-573.
- Sampaio T.L., Kennedy J.A., Vasconcelos M.C. 2007. Use of microscale fermentations in grape and wine research. *Am. J. Enol. Vitic.*, 58: 534-539.
- Sánchez-Díaz M., Aguirreola J. 1996. Relaciones hídricas, ed. J. Azcon-Bieto y M. Talón. Madrid, McGraw-Hill-Interamericana de España: 49-90.

- Sánchez de Miguel P., De la Fuente M., Junquera P., González C., Baeza P. 2010. Estimation of vineyard leaf area by linear regression. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2011, 9(1): 202-212.
- Seguin G. 1970. Les sols de vignobles du Haut-Médoc. Influence sur l'alimentation en eau de la vigne et sur la maturation du raisin. Thesis Sciences Naturelles, Univ. Bordeaux.
- Schneider C. 1985. Influence de la supresión des entre-coeurs de souches de vigne sur le microclimat lumineux et la recolte. *Conn. Vigne Vin*, 19 (1): 17-30.
- Schultz H. 1996. Water relations and photosynthetic responses of two grapevine cultivars of different geographical origin during water stress. *Acta Horticulturae*, 427: 251-266.
- Schultz H. 2003. Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behavior of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. *Plant, Cell & Environment*, 26 (8): 1393-1405.
- Scienza M., Fregoni M., Boselli M. 1981. Report on the geological origin of the soil and the polyphenolic composition of wine from Schiava in upper adige. *Vignevini*, 8 (3): 39-44.
- Scienza M. 1983. Adattamento genetico della vite allo stress idrico. *Vignevini* 10: 27-39.
- Shaulis N.J., Amberg H., Crowe D. 1966. Response of Concorde grapes to light, exposure and geneva double curtain training. *Am. J. Enol. Vitic.*, 89: 268-280.
- Sims C.A., Morris J.R. 1984. Effects of pH, sulfur dioxide, storage time and temperature on the color and stability of red Muscadine grape wine. *Am. J. Enol. Vitic.*, 135 (1): 35-39.
- Singleton V.L., Esau P. 1969. Phenolic substances in grapes and wine and their significance. *Advance Food Research. Suppl. 1*. Ed. Academic Press, New York. 282 p.
- Smart R.E., Coombe B. 1983. Water relations of grapevines, ed. T.T. Kozlowski, New York, Academic press. vol. 7: 137-196.
- Smart R.E., Smith S.M., Winchester R.V. 1988. Light quality and quantity effects on fruit ripening for Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.*, 39: 250-258.
- Smart R.E., Robinson M. 1991. Sunlight into wine. A handbook for winegrape canopy management. *Winetitles Adelaide*. 88p.
- Sotés V. 1996 (a). Efectos del riego localizado de la vid (I). *Viticultura* ,78-79: 58-61

- Sotés V. 2007. Bases écophysiologiques et choix techniques dans la gestion de l' eau dans les vignobles méditerranéens: expérience de l' Espagne. Le Progrès agricole et viticole, ISSN 0369-8173, Année 118, N° 18, 2001, pags. 389-396.
- Tardieu F., Davies W.J. 1993. Integration of hydraulic and chemical signalling in the control of stomatal conductance and water status of droughted plants. Plant, Cell and Environment, 16: 341-349.
- Tardieu F., Simonneau T. 1998. Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modelling isohydric and anisohydric behaviours. Journal of Experimental Botany, 49: 419-432.
- Wample R. 1999. Irrigation management for high quality wine grape production: considerations for west Oregon. Proceedings of the Oregon Horticultural Society, 90: 139-148.
- Williams L.E., Matthews M.A. 1990. Grapevine. Irrigation of agricultural crops, Agronomy Monograph, ed. B.A. Stewart and D.R. Nielsen. Madison, Wisconsin (U.S.A.), vol. 30: 1019-1055.
- Williams L.E., Dokoozlian N.K., R. Wample. 1994. Grape, ed. B. Schaffer, and P. C. Anderson. Temperate crops. Boca Ratón, Florida, CRC Press, vol. 1: 85-133.
- Williams L.E., Ayars J.E. 2005. Grapevine water use and the crop coefficient are linear functions of the shaded area measured beneath the canopy. Agricultural and Forest Meteorology, 132: 201-211.
- Yuste J. 1995. Comportamiento fisiológico y agronómico de la vid (*Vitis vinifera* L.) en diferentes sistemas de conducción en secano y regadío. Tesis Doctoral. Departamento de Producción Vegetal: Fitotécnia. ETSI Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. 280 p.